



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o desenvolvimento de uma estratégia  
integrada de gestão de resíduos industriais não perigosos**  
Caso de estudo da região de Santarém

Por

Maria Rosa Geadas Lopes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Sanitária

Orientador científico Professora Doutora Ana Isabel Espinha Silveira

Lisboa 2006

Ao Francisco e ao Sérgio

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Ana Silveira agradeço todo o apoio e orientação prestados na execução deste trabalho.

À Professora Doutora Maria da Graça Martinho agradeço o incentivo e a atenção que este trabalho lhe mereceu.

À RESIURB, à RESITEJO e à AMARTEJO, em especial, ao Eng.º Raúl Figueiredo e ao Sr. Diamantino Duarte, agradeço a cedência dos dados para a elaboração deste trabalho.

À ECOLEZÍRIA, em particular, ao Eng.º Tiago Henriques e ao Sr. José David, pela amável cedência de dados relativos à exploração do sistema intermunicipal da RESIURB, em particular do aterro sanitário da Raposa.

À Eng.ª Filipa Sobral, pelo fornecimento de dados relativos ao funcionamento e exploração do aterro da RIBTEJO.

Uma palavra de agradecimento a todos os que de algum modo deram a sua colaboração, com especial destaque aos representantes das empresas instaladas na região em estudo.

Aos meus Amigos, porque sem eles a vida não seria tão colorida.

Aos meus pais e irmã: por TUDO!

## SUMÁRIO

Tendo como objecto de estudo a actual gestão de resíduos industriais não perigosos na região de Santarém, o trabalho desenvolvido definiu como meta principal o desenvolvimento de uma estratégia para a gestão desses resíduos que é suportada por um modelo de gestão integrada. Esta estratégia assenta na maximização do desvio dos resíduos de aterro, através da sua valorização, utilizando para isso unidades de tratamento ou de processamento para resíduos sólidos urbanos, nomeadamente unidades de valorização orgânica e triagem.

Na revisão da literatura procurou-se apresentar casos de estudo europeus em que foram definidas estratégias para a gestão de resíduos industriais, com especial destaque para aqueles que definem opções conjuntas de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos industriais banais (RIB).

São também introduzidas algumas considerações acerca de incentivos estabelecidos para maximizar o desvio de resíduos de aterro, sendo dada especial atenção às políticas comunitárias que potenciam a valorização dos resíduos industriais em detrimento da sua deposição em aterro.

Posteriormente são analisados vários modelos recentes no âmbito da gestão de resíduos sólidos, sendo apresentados essencialmente, os seus objectivos, potencialidades e resultados decorrentes da sua aplicação.

É igualmente descrito e analisado o modelo “Integrated Waste Management 2” (IWM-2), desenvolvido por McDougall *et al.* (2001), que suporta a estratégia de gestão de resíduos industriais banais, estabelecida no presente estudo.

A metodologia do estudo realizado centrou-se na recolha e análise de informação sobre as quantidades e características dos RIB produzidos na área de estudo e obtenção de dados que permitisse correr o modelo.

Primeiro procedeu-se à consulta e análise das guias de pesagem desses resíduos nos aterro existentes na região. Seguiu-se um conjunto de acções tendentes a obter a informação complementar junto das indústrias através de inquérito (via fax e e-mail) e de visitas.

Na metodologia foram equacionados diferentes cenários que permitiram a comparação entre a situação actual de gestão, que passa essencialmente pela deposição em aterro, e opções que contemplem a triagem dos resíduos para reciclagem e valorização orgânica. A pertinência desta última opção prende-se com a predominância de agro-indústrias e indústrias alimentares, na região de estudo.

Os resultados deste estudo, obtidos através da corrida do modelo permitiram identificar algumas lacunas bem como oportunidades de melhoria do modelo IWM-2.

Os resultados designadamente custos económicos e ambientais, resultantes da aplicação do modelo e decorrentes das diferentes soluções preconizadas reforçam que a actual gestão de resíduos apresenta as maiores cargas ambientais, quer em termos de emissões gasosas, efluentes produzidos, consumo de combustíveis, quer no se refere a custos.

Por outro lado conclui-se que o cenário que contempla a triagem de resíduos, para reciclagem e valorização orgânica por digestão anaeróbia, com os menores custos ambientais e económicos em termos globais, assegura a optimização desejada para a gestão de RIB na área de estudo.

## ABSTRACT

Having as main subject the present management model of industrial waste in the Santarém area, this study's primary goal is the development of a strategy for the management of those wastes supported by an integrated management model. This strategy settles on the highest deviation of industrial wastes from landfill through their valuation, using processing or treatment units that usually handle urban solid wastes, such as sorting or organic valuation units.

While reviewing publications on the subject, some European case studies which developed those kinds of strategies were sorted, with a special focus to the ones that co-ordinated the management options for both industrial and urban wastes.

Some considerations on the motivation programs established to provide the deviation of common industrial waste from landfill are also brought into discussion, with special attention to the European politics that enhance their valuation.

Several of the newest models of solid waste management are reviewed further and emphasis is given to their goals, potentialities and results from their application.

This study also covers the description and analysis of the "Integrated Waste Management 2" model (IWM-2), developed by McDougall *et al.* (2001), which supports the management strategy herein established for common industrial waste.

The first step to be taken was the inquiry and analysis of the industrial waste's weight bills in the existing landfill. Complementary information was later on gathered from industries through inquiry (via fax and e-mail) and local visiting.

In this methodology different scenarios were considered which allowed to compare the present management situation, which sends waste to be deposited into landfill, with options that consider waste sorting for recycling and organic valuation. This last option was very pertinent due to the fact that food and agriculture industries dominate in the case study area.

The results of this study allowed to identify some gaps as well as some ways to improve the IWM-2 model.

The outputs, namely economic and environmental costs, resulting from the analysis of different management solutions enhance that the present waste management gets the highest environmental charges, when comparing air emissions, water emissions or fuel use, and they are the most expensive.

However, this work concluded that the sorting strategy towards recycling and organic valuation through anaerobic digestion, with lower economic and environmental costs, assures the best management options for the common industrial waste, in the case study area.

## SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

CITRI	Centro Integrado de Tratamento de Resíduos
DGE	Direcção Geral da Energia
DGI	Direcção Geral da Indústria
DSS	Decision Support System
DST	Decision Support Tool
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
GWP	Gases produtores de efeito de estufa
INR	Instituto dos Resíduos
ISWM	Integrated Solid Waste Management
IWM-1	Integrated Waste Management 1
IWM-2	Integrated Waste Management 2
KCS	Kerbside Collection Systems
LCA	Avaliação de ciclo de vida
LCI	Inventário de ciclo de vida
MA	Ministério do Ambiente
MBCS	Material Bank Collection Systems
ME	Ministério da Economia
MFA	Análise de fluxos de materiais
MRF	Material Recovery Facility
PERSU	Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos
PESGRI	Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais
PNAPRI	Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais
PNPA	Plano Nacional de Política de Ambiente
PPDF	Paper and Plastic Derived Fuel
PROGIC	Programa de gestão de Resíduos Industriais da Catalunha
RDF	Refuse Derived Fuel
RIB	Resíduos Industriais Banais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RUB	Resíduos Urbanos Biodegradáveis
SPV	Sociedade Ponto Verde
UE	União Europeia
VIM	Valor de Informação e Motivação

## ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	13
1.1. A problemática da gestão dos resíduos industriais .....	13
1.2. Objectivos.....	15
1.3. Organização do trabalho .....	16
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA .....	18
2.1. Enquadramento de políticas no âmbito da gestão de resíduos industriais não perigosos.....	18
2.2. Gestão de resíduos industriais na Europa.....	22
2.3. Incentivos para o desvio de resíduos de aterro .....	26
2.4. Modelos de gestão de resíduos sólidos .....	31
2.4.1. Descrição e análise de vários modelos .....	32
2.4.2. Modelo aplicado no caso de estudo: “Integrated Waste Management 2” .....	37
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	67
3.1. Descrição da área de estudo.....	67
3.2. Técnicas e procedimentos de recolha de dados .....	71
CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO .....	73
4.1. Fase I - Caracterização dos dados obtidos .....	73
4.1.1. Dados obtidos pela análise das guias de pesagem .....	73
4.1.2. Dados obtidos pela análise dos inquéritos .....	75
4.2. Fase II - Descrição dos cenários, pressupostos e grelhas do modelo .....	77
4.2.1. Considerações prévias.....	79
4.2.2. Cenário Aterro – Situação actual (ano 2003) .....	82
4.2.3. Cenário Triagem – Maximizar a reciclagem .....	89
4.2.4. Cenário Digestão Anaeróbia – Maximizar a reciclagem e a valorização orgânica .....	94
4.2.5. Cenário Compostagem – Maximizar a reciclagem e a valorização orgânica .....	100
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	104
5.1. Custos .....	105
5.2. Energia .....	108
5.3. Resíduos sólidos finais.....	110
5.4. Emissões gasosas .....	113
5.5. Efluentes .....	117
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
6.1. Considerações sobre o IWM-2 .....	123
6.2. Considerações sobre a gestão integrada de RIB e RSU .....	124
6.3. Incentivos para integrar resíduos que saem do sistema .....	128
6.4. Sugestões para trabalhos futuros.....	129
Bibliografia.....	131
NOS ANEXOS:	
ANEXO A – VARIÁVEIS AVANÇADAS .....	135
ANEXO B – LISTAGEM DE PARÂMETROS CONSIDERADOS NOS DESCRITORES EMISSÕES GASOSAS E EFLUENTES.....	143
ANEXO C – CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RSU DO DISTRITO DE SANTARÉM .....	144
ANEXO D – QUESTIONÁRIO ENVIADO ÀS EMPRESAS .....	145
ANEXO E – EMISSÕES GASOSAS E EFLUENTES RESULTANTES DOS VÁRIOS CENÁRIOS.....	149



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Limites do sistema, entradas e saídas do modelo IWM2 (adaptado de McDougall <i>et al.</i> 2001).....	40
Figura 2.2 – Grelha Área do sistema (Entradas de resíduos).....	44
Figura 2.3 – Grelha Resíduos domésticos recolhidos (Entradas de resíduos).....	45
Figura 2.4 – Grelha Resíduos domésticos entregues (Entradas de resíduos).....	46
Figura 2.5 – Grelha Resíduos comerciais recolhidos(Entradas de resíduos).....	46
Figura 2.6 – Sumário de entrada (Entradas de resíduos).....	47
Figura 2.7 – Área do sistema (Recolha de resíduos).....	47
Figura 2.8 – Resíduos domésticos recolhidos - KCS (Recolha de resíduos).....	48
Figura 2.9 – Resíduos domésticos recolhidos - MBCS (Recolha de resíduos).....	49
Figura 2.10 – Resíduos domésticos entregues (Recolha de resíduos).....	51
Figura 2.11 – Resíduos comerciais recolhidos (Recolha de resíduos).....	53
Figura 2.12 – Sumário (Recolha de resíduos).....	54
Figura 2.13 – Triagem MRF (Triagem MRF e RDF).....	55
Figura 2.14 – Entradas no processo (Tratamentos biológicos).....	57
Figura 2.15 – Compostagem (Tratamentos biológicos).....	58
Figura 2.16 – Digestão anaeróbia (Tratamentos biológicos).....	60
Figura 2.17 – Entrada no processo (Deposição em aterro).....	61
Figura 2.18 – Estação de transferência (Deposição em aterro).....	62
Figura 2.19 – Custos e gestão de aterro para resíduos não-perigosos (Deposição em aterro).....	63
Figura 2.20 – Custos e gestão de aterro de resíduos perigosos (Deposição em aterro).....	65
Figura 3.1 - Área de estudo (adaptado de SPV, 2003).....	67
Figura 3.2 – Localização das infra-estruturas de tratamento de resíduos existentes e a construir na região em estudo (sem escala).....	70
Figura 4.1 - Classificação das actividades económicas existentes na área de estudo.....	75
Figura 4.2 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Aterro.....	83
Figura 4.3 – Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Área do sistema).....	83
Figura 4.4 - Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos).....	84
Figura 4.5 - Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Sumário de entrada).....	84
Figura 4.6 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Área do sistema).....	85
Figura 4.7 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos).....	86
Figura 4.8 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Sumário).....	86
Figura 4.9 - Cenário Aterro: Deposição em aterro (Entrada no processo).....	87
Figura 4.10 - Cenário Aterro: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos).....	88
Figura 4.11 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Triagem.....	90
Figura 4.12 - Cenário Triagem: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos).....	91
Figura 4.13 - Cenário Triagem: Recolha de resíduos (Sumário).....	91
Figura 4.14 - Cenário Triagem: Unidade de triagem.....	92
Figura 4.15 – Cenário Triagem: Deposição em aterro (Entrada no processo).....	93
Figura 4.16 - Cenário Triagem: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos).....	94
Figura 4.17 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Digestão Anaeróbia.....	95

Figura 4.18 - Cenário Digestão Anaeróbia: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos).....	96
Figura 4.19 - Cenário Digestão Anaeróbia: Recolha de resíduos (Sumário).....	96
Figura 4.20 - Cenário Digestão Anaeróbia: Tratamentos biológicos (Entradas no processo).....	98
Figura 4.21 - Cenário Digestão Anaeróbia: Tratamentos biológicos (Digestão anaeróbia).....	98
Figura 4.22 - Cenário Digestão Anaeróbia: Deposição em aterro (Entrada no processo).....	100
Figura 4.23 - Cenário Digestão Anaeróbia: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos).....	100
Figura 4.24 - Cenário Compostagem: Tratamentos biológicos (Entradas no processo).....	102
Figura 4.25 - Cenário Compostagem: Tratamentos biológicos (Compostagem).....	102
Figura 5.1 –Custo efectivo dos diferentes cenários por processo unitário.....	106
Figura 5.2 – Análise global do descritor custos nos vários cenários.....	106
Figura 5.3 –Balanço do consumo e produção de electricidade nos diferentes cenários por processo unitário.....	108
Figura 5.4 – Consumo de gasóleo nos diferentes cenários por processo unitário..	109
Figura 5.5 – Electricidade consumida e produzida, e consumo de gasóleo nos diferentes cenários.....	109
Figura 5.6 – Quantidade de resíduos sólidos finais nos vários cenários e por processo unitário.....	111
Figura 5.7 – Quantidade de resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento de lixiviado nos vários cenários e por processo unitário.....	112
Figura 5.8 –Emissão de CO <sub>2</sub> nos vários cenários e por processo unitário.....	116
Figura 5.9 –Emissão de CH <sub>4</sub> nos vários cenários e por processo unitário.....	116
Figura 5.10 –Emissão de N <sub>2</sub> O nos vários cenários e por processo unitário.....	117
Figura 5.11 –Descarga de CQO nos vários cenários e por processo unitário.....	120
Figura 5.12 –Descarga de CBO nos vários cenários e por processo unitário.....	120
Figura 5.13 –Descarga de sólidos suspensos nos vários cenários e por processo unitário.....	121
NOS ANEXOS:	
Figura 1 – Combustíveis e electricidade.....	135
Figura 2 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Recolha porta a porta).....	135
Figura 3 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Recolha colectiva).....	136
Figura 4 – Avançadas: Recolha de resíduos (Contentores e sacos).....	136
Figura 5 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Resíduos comerciais).....	137
Figura 6 – Avançadas: Triagem RDF.....	137
Figura 7 – Avançadas: Triagem RDF.....	138
Figura 8 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Incineração Processo #1).....	138
Figura 9 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Incineração Processo #2).....	139
Figura 10 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Emissões da incineração).....	139
Figura 11 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Queima RDF).....	140
Figura 12 - Avançadas: Tratamentos térmicos (Queima PPDF).....	140
Figura 13 – Avançadas: Deposição em aterro.....	141
Figura 14 – Avançadas: Reciclagem.....	141
Figura 15 – Avançadas: Outras.....	142

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Resumo dos objectivos gerais do PROGIC.....	23
Tabela 2.2 – Exemplos de incentivos aplicados em alguns países europeus.....	30
Tabela 2.2 (cont.) – Exemplos de incentivos aplicados em alguns países europeus.....	31
Tabela 2.3 – Objectivos e características de vários modelos de gestão de resíduos.....	33
Tabela 2.3 (Cont.) – Objectivos e características de vários modelos de gestão de resíduos.....	34
Tabela 4.1 - Caracterização dos RIB a partir de dados analisados nos sistemas intermunicipais.....	73
Tabela 4.2 - Caracterização dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo (dados provenientes das guias de pesagem e inquéritos).....	75
Tabela 4.3 - Caracterização dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo (dados corrigidos).....	76
Tabela 4.4 – Composição dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo.....	77
Tabela 4.5 – Entrada e composição de resíduos para os vários cenários.....	78
Tabela 4.6 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Entradas de resíduos do Cenário Aterro.....	85
Tabela 4.7 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Aterro.....	87
Tabela 4.8 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Deposição em aterro do Cenário Aterro.....	89
Tabela 4.9 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Triagem.....	92
Tabela 4.10 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Unidade de triagem do Cenário Triagem.....	93
Tabela 4.11 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Digestão Anaeróbia.....	97
Tabela 4.12 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Tratamentos biológicos “Tratamentos biológicos” do Cenário Digestão Anaeróbia.....	99
Tabela 4.13 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Tratamentos biológicos “Tratamentos biológicos” do cenário Compostagem.....	103
Tabela 5.1 – Despesa, receita e custo efectivo em euros, nos cenários estabelecidos e por processo unitário.....	105
Tabela 5.2 – Electricidade consumida e produzida em kWh, e gasóleo em litros nos diferentes cenários e por processo unitário.....	108
Tabela 5.3 – Quantidade de resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento-lixiviado, nos diferentes cenários e por processo unitário.....	111
Tabela 5.4 –Emissões de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO, HC-total, partículas e N <sub>2</sub> O, nos diferentes cenários e por processo unitário.....	114
Tabela 5.5 – Quantidades em gramas de cloretos, CQO, CBO, sólidos suspensos, sulfatos, ferro e amónia, presentes nos efluentes produzidos nos diferentes cenários e por processo unitário.....	118
NOS ANEXOS:	
Tabela 1 – Parâmetros listados no IWM-2 nas emissões gasosas e efluentes.....	143
Tabela 2 - Caracterização dos sistemas (ano: 2003).....	144
Tabela 3 – Emissões gasosas resultantes do cenário Aterro.....	149
Tabela 4 – Emissões gasosas resultantes do cenário Triagem.....	150
Tabela 5 – Emissões gasosas resultantes do cenário Digestão Anaeróbia.....	151
Tabela 6 – Emissões gasosas resultantes do cenário Compostagem.....	152
Tabela 7 – Efluentes resultantes do cenário Aterro.....	153
Tabela 8 – Efluentes resultantes do cenário Triagem.....	154

Tabela 9 – Efluentes resultantes do cenário Digestão Anaeróbia.....	155
Tabela 10 – Efluentes resultantes do cenário Compostagem.....	156

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1. A problemática da gestão dos resíduos industriais**

O tratamento dos resíduos industriais é um dos problemas ambientais mais prementes que as sociedades avançadas têm que resolver (Bernardo, 2002).

Os resíduos são gerados por actividades em todos os sectores económicos, e são vistos como um subproduto inevitável de uma actividade económica. Os resíduos industriais resultam de um processo de produção ineficiente, de uma pequena durabilidade de mercadorias e de insustentáveis padrões de consumo. A produção de resíduos reflecte uma perda de materiais e energia, e acarreta custos económicos e ambientais para a sociedade, para a sua recolha, tratamento e deposição (European Environment Agency, 2003).

No entanto, antes de qualquer abordagem sobre a forma de tratamento dos resíduos, o conhecimento da sua composição é essencial para uma gestão efectiva (McDougall *et al*, 2001; Brunner & Rechberger, 2003). Para além disso, Brunner & Rechberger (2003), referem que a informação fidedigna da taxa de produção de resíduos é crucial para alcançar os seguintes objectivos:

1. Identificar potenciais de reciclagem (resíduos orgânicos, papel, metais, plásticos, etc.);
2. Dimensionar o projecto de tratamento de resíduos, incluindo o controlo da poluição do ar e água (reciclagem, incineração, deposição em aterro);
3. Prever emissões das instalações de tratamento de resíduos e de deposição final;
4. Examinar os efeitos de medidas legislativas, logísticas e técnicas no fluxo de resíduos.

Para muitas empresas, a gestão ambiental é um instrumento válido para identificar uma boa perspectiva de onde os resíduos surgem no processo (Danish Government, 2004) e tal como refere European Environment Agency (2002a) as quantidades de resíduos podem ser consideradas como um indicador de como as sociedades usam, de forma eficiente, os fluxos de materiais.

De acordo com European Environment Agency (2003), na Europa, são gerados anualmente nas indústrias de produção, aproximadamente 740 milhões de toneladas de resíduos.

No entanto, existem variações nas quantidades de resíduos industriais produzidos, dado que estes são como um reflexo das indústrias que os produzem, e as opções de gestão de resíduos usadas, que combinam reciclagem, recuperação e técnicas de deposição. As pequenas e médias empresas, assim como algumas grandes empresas, nem sempre têm conhecimento dos recursos para assegurar que a gestão dos seus resíduos, não produza impactes ambientais (European Environment Agency, 2003).

Os resíduos das indústrias e comércio são os menos complicados para recolher e reciclar, desde que surjam em grandes quantidades por unidade, e em geral são mais homogéneos, do que os resíduos domésticos (European Environment Agency, 2002a).

Hoje, a gestão de resíduos é um conceito integrado de diferentes práticas e opções compreendendo estratégias de prevenção e recolha, etapas de separação para produzir recicláveis ou processos subsequentes usando tecnologias biológicas, físicas, químicas e térmicas; e diferentes tipos de aterros. Os objectivos da moderna gestão de resíduos passam pela protecção da saúde humana e do ambiente, conservação de recursos tais como materiais, energia, solo, e tratamento dos resíduos antes da sua deposição. Finalmente, apenas quando os resíduos não necessitam de cuidados posteriores, são confinados em aterro (Brunner & Rechberger, 2003).

A prevenção deve ser a mais importante prioridade na estratégia de resíduos (McDougall *et al.*, 2001; European Agency, 2002a) e de acordo com European Environment Agency (2003), deve ser a primeira iniciativa a tomar em termos da gestão de resíduos, uma vez que a diminuição da produção de resíduos, reduz a necessidade de recolha, tratamento, custos e impactes associados.

A segunda prioridade, por consequência, passa pela gestão dos resíduos de uma forma ambientalmente sustentável (McDougall *et al.*, 2001), por minimização de todos os impactes ambientais associados com o sistema de gestão de resíduos (White *et al.*, 1995). As pressões ambientais provenientes da produção e gestão dos resíduos incluem emissões gasosas (incluindo gases de efeito de estufa), água e solo, e todos os potenciais impactes na saúde humana e ambiente (European Environment Agency, 2003).

No que concerne à recolha e reciclagem a maior mudança é estabelecer esquemas mais compreensivos de recolha e reciclagem (European Environment Agency, 2003), embora em alguns casos a recolha e reciclagem requeiram maior consumo de energia que a extracção de materiais virgens (European Environment Agency, 2002a). Talvez uma grande mudança seja o desenvolvimento de mercados sustentáveis e de confiança para materiais e produtos reciclados que consigam assegurar a longo prazo a viabilidade de sistemas de reciclagem (European Environment Agency, 2003).

A necessidade de qualidade e consistência dos materiais reciclados, e a necessidade de suportar uma série de soluções de tratamento, sugere que a gestão integrada de resíduos sólidos deva beneficiar de economias de escala, e deste modo ser organizada numa base regional (White *et al.*, 1995; McDougall *et al.*, 2001).

O reconhecimento das limitações dos processos de investigação manual usando ferramentas de análise, para definição de estratégias de gestão de resíduos, conduziu ao desenvolvimento, por investigadores, de modelos que permitem auxiliar a decisão. Estes modelos permitem uma investigação automática de estratégias integradas de resíduos com objectivos específicos. Estes estudos são obtidos com técnicas de programação matemática para investigar a solução óptima (Harrison *et al.*, 2001). Muitos modelos segundo White *et al.* (1995), utilizam a avaliação de ciclo de vida (LCA) como ferramenta de gestão que atempadamente prevê todos os impactes ambientais de um produto, serviço ou função, e que pode ser aplicada aos sistemas de gestão de resíduos.

Alguns investigadores que têm experiência com a análise de fluxo de materiais (MFA), sugerem que a gestão de resíduos seja substituída pela gestão de recursos e materiais. A análise de fluxos de materiais é uma avaliação sistemática dos fluxos e stocks de materiais dentro de um sistema definido no espaço e no tempo. São ligadas as fontes, os caminhos, e os escoamentos de materiais intermédios e finais. Os resultados do MFA podem ser controlados por um simples balanço de materiais comparando todos os fluxos de entrada, stocks, e fluxos de saída do processo. Esta é uma característica do MFA que o torna um método atractivo como ferramenta de suporte à decisão na gestão de recursos, gestão de resíduos, e gestão ambiental (Brunner & Rechberger, 2003).

Os fundamentos que levam a considerar a MFA como uma excelente ferramenta para suportar decisões relacionadas com a gestão de resíduos, segundo Brunner & Rechberger (2003), devem-se ao facto desta permitir calcular a quantidade e composição dos resíduos por balanços de processo na produção de resíduos ou do processo de tratamento dos resíduos, mostrar quais os objectivos estabelecidos que foram alcançados e identificar, igualmente, os processos e fluxos que têm maior potencial para melhorias.

Uma outra mudança a operar na gestão de resíduos centra-se na revisão de políticas, dado que segundo European Environment Agency (2003), os instrumentos económicos devem servir não apenas para indicar e penalizar práticas de gestão indesejáveis, mas também para complementar, encorajar ou recompensar práticas desejáveis, nomeadamente prevenção de resíduos, minimização, reutilização, reciclagem e recuperação.

## **1.2. Objectivos**

Os objectivos propostos para o trabalho realizado foram os seguintes:

- Estabelecer uma estratégia que permita a optimização da gestão de resíduos industriais banais na região de Santarém;
- Maximizar a redução das deposições de resíduos industriais banais (RIB) em aterro, pela utilização de opções de tratamento, nomeadamente reciclagem e valorização orgânica;
- Dada a semelhança entre resíduos sólidos urbanos (RSU) e RIB, promover o planeamento da sua gestão conjunta, através da utilização de equipamentos previstos para RSU no tratamento de RIB;
- Rentabilizar o funcionamento da unidade de valorização orgânica. Sendo que a quantidade de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) produzidos na totalidade dos sistemas intermunicipais de gestão de RSU poderá não ser suficiente para rentabilizar a unidade, o contributo do sector privado além de permitir amortizar mais rapidamente o investimento inicial, terá um efeito directo no suporte dos custos de manutenção;
- Contribuir para colmatar a escassez de trabalhos efectuados no domínio da gestão de resíduos industriais banais e delinear uma

estratégia para a gestão otimizada de resíduos neste domínio, com o potencial de utilização noutras regiões.

### **1.3. Organização do trabalho**

O capítulo 1, consiste numa introdução à problemática de gestão dos resíduos industriais, em que se descrevem quais as orientações para a gestão dos mesmos, bem como a utilidade de ferramentas informáticas para a definição de estratégias de suporte à decisão, no âmbito da gestão integrada de resíduos.

O capítulo 2 compreende a revisão da literatura. Inicialmente apresenta-se o enquadramento de políticas no âmbito da gestão de resíduos industriais não perigosos.

Em seguida faz-se referência a casos de estudo europeus, de âmbito regional ou nacional, em que foram definidas estratégias para a gestão de resíduos industriais. São também introduzidas algumas considerações acerca de incentivos estabelecidos para maximizar o desvio de resíduos de aterro, sendo dada especial atenção às políticas comunitárias que potenciam a valorização dos resíduos industriais em detrimento da sua deposição em aterro.

Posteriormente são analisados, com algum detalhe, vários modelos recentes no âmbito da gestão de resíduos sólidos, sendo apresentados os seus objectivos, potencialidades e resultados decorrentes da sua aplicação. É igualmente descrito e analisado o modelo “Integrated Waste Management 2” (IWM-2), desenvolvido por McDougall *et al.* (2001), que suporta as estratégias de gestão de resíduos industriais banais, estabelecida no presente estudo. Entendeu-se apresentar as grelhas do IWM-2 para permitir uma mais fácil leitura das variáveis e pressupostos assumidos nos cenários, bem como perceber as suas funcionalidades e limitações.

O capítulo 3 integra a metodologia. Na descrição da metodologia adoptada, o trabalho foi organizado em duas partes:

- Na primeira é caracterizada a área de estudo, com a delimitação clara das fronteiras consideradas;
- Na segunda parte sistematizam-se as técnicas e procedimentos de recolha que foram iniciadas pela consulta das guias de pesagem dos RIB e guias de acompanhamento de resíduos – Modelo A, nos aterros da região. Em seguida são expostas as acções tendentes a obter informação complementar junto das indústrias através de inquérito (via fax e e-mail) e de visitas.

O capítulo 4 compreende o desenvolvimento do caso de estudo, com duas fases distintas:

- Na primeira fase são caracterizados os dados obtidos quer pela análise das guias de pesagem quer pela análise dos inquéritos, e apresentados as entradas de resíduos para o modelo IWM-2.



- Na segunda fase procede-se à apresentação dos cenários construídos com o objectivo de otimizar a gestão dos resíduos em causa, tendo por base a gestão actual dos RIB na área de estudo; os cenários estabelecidos compreendem:

Cenário Aterro – Situação actual (ano 2003), deposição em aterro da totalidade de RIB geridos na área de estudo.

Cenário Triagem – Maximizar a reciclagem pela introdução de unidade de triagem.

Cenário Digestão Anaeróbia – Para além da reciclagem multimaterial contemplada no cenário anterior é introduzido o tratamento biológico, por digestão anaeróbica.

Cenário Compostagem – São consideradas as mesmas opções de tratamento que as equacionadas no cenário anterior, com a diferença do tratamento biológico ser por compostagem.

Na segunda fase são igualmente descritos os pressupostos assumidos na construção dos diferentes cenários e apresentadas as grelhas do modelo para cada um dos cenários estabelecidos.

No capítulo 5, procede-se à apresentação e discussão dos resultados obtidos durante a investigação. Os resultados são apresentados em termos dos descritores considerados no IWM-2 (custos, energia, resíduos sólidos finais, emissões gasosas e efluentes), para todos os cenários e por processo unitário (recolha, separação, tratamento biológico e aterro).

Na parte final deste capítulo são expostas as oportunidades de melhoria identificadas na análise do modelo e nas corridas que se efectuaram aos cenários equacionados no caso de estudo.

No capítulo 6 apresentam-se as considerações do estudo, que se repartem por considerações acerca do modelo utilizado e sobre a gestão integrada de RIB e RSU. São também apresentadas algumas reflexões sobre incentivos a explorar de forma a integrar os resíduos que saem do sistema em estudo. Para finalizar são apontadas sugestões de trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Enquadramento de políticas no âmbito da gestão de resíduos industriais não perigosos**

Em termos de enquadramento de políticas para a gestão de resíduos industriais não perigosos, são explorados três aspectos distintos: hierarquia de princípios a observar na sua gestão, estratégia de gestão e por último a sua definição.

A hierarquia de princípios a observar na gestão dos resíduos industriais foi estabelecida, em Portugal, na estratégia de gestão dos resíduos industriais anexa à Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97, de 25 de Junho.

De acordo com esta hierarquia, a alternativa ideal na gestão dos resíduos industriais corresponde a evitar ou reduzir, tanto quanto possível, a própria produção ou nocividade do resíduos (estratégia da prevenção).

Não sendo viável evitar a produção de um resíduo, a alternativa a adoptar será então a sua valorização. Esta alternativa pode traduzir-se na reintrodução do resíduo num ciclo produtivo, utilizando-o como matéria-prima para o fabrico do mesmo ou outro produto (reciclagem) ou para a produção de energia (valorização energética).

Assim, a opção pelo tratamento e ou deposição em aterro deve ser reservada aos casos em que não seja viável adoptar formas de valorização.

Anteriormente à Resolução n.º 98/97, em 1995, no Plano Nacional da Política de Ambiente (PNPA) já se encontrava implícita a hierarquia de princípios, embora não apresentada como tal. Note-se então que em relação aos resíduos industriais foram definidas áreas de actuação prioritárias, entre as quais, o incentivo à redução, recolha selectiva e reciclagem.

A hierarquia de princípios foi consagrada no Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais<sup>1</sup> (PESGRI), publicado no Decreto-Lei n.º 516/99, de 2 de Dezembro e que visa essencialmente assegurar a melhor concretização da política nacional de gestão de resíduos industriais, tendo como prioridades a prevenção da produção e da perigosidade, e a valorização material e energética.

No seguimento do PESGRI e para dar cumprimento a um dos seus objectivos relacionados com a prevenção de resíduos industriais, foi elaborado em 2001 o Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI). Entre os vários objectivos específicos propostos no âmbito do PNAPRI, salienta-se que o objectivo último deste plano, é o de contribuir significativamente para a redução da quantidade e perigosidade dos resíduos industriais no nosso país, promovendo a adopção de medidas e tecnologias de prevenção.

---

<sup>1</sup> Com a publicação em Setembro de 1997, do diploma legal da gestão de resíduos (Decreto-Lei n.º 239/97), estabelecem-se as orientações legais da elaboração dos planos de gestão (artigo 5.º). Em relação aos resíduos industriais, é determinada a realização de um plano estratégico sectorial, a levar a efeito pelo Instituto de Resíduos (INR) juntamente com as demais entidades competentes em razão de matéria, nomeadamente a Direcção-Geral da Indústria (DGI) e a Direcção-Geral da Energia (DGE).

Relacionada com a hierarquia de princípios a observar na gestão de resíduos industriais, encontra-se a operacionalização da própria gestão dos resíduos industriais.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97 refere que a gestão adequada dos resíduos industriais exige, desde logo, a sua separação dos restantes tipos principais de resíduos (urbanos, hospitalares e outros). No que se respeita à operação de separação, este documento vai mais longe, expondo que na gestão dos resíduos industriais é indispensável promover a sua separação na origem, entre os resíduos industriais perigosos e não perigosos.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97 diferencia a estratégia de gestão a observar nos resíduos industriais perigosos e não perigosos. Enquanto que os métodos a aplicar aos perigosos contemplam essencialmente a incineração, os resíduos industriais não perigosos, que constituem o objecto do presente estudo, por se considerarem de perigosidade análoga aos resíduos sólidos urbanos, requerem meios de tratamento em muitos casos também semelhantes.

Deste modo e de acordo com este documento, a estratégia a seguir no caso deste tipo de resíduos privilegiará a respectiva integração no quadro de mecanismos de gestão de resíduos sólidos urbanos. Por isso é defendido que com os sistemas multimunicipais e municipais estão criadas as condições para que os mesmos possam dar também resposta ao problema dos resíduos industriais não perigosos, desde que a natureza destes resíduos e as respectivas quantidades sejam compatíveis com as infraestruturas dos sistemas.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97 sublinha que a gestão conjunta deve promover, por um lado, a cobertura total dos custos de tratamento dos resíduos industriais não perigosos, e por outro, dadas as características especiais deste tipo de resíduos, a aplicação tarifários diferentes dos previstos no caso dos resíduos urbanos.

Este documento e no que respeita aos aterros de RSU, refere mesmo que poderão, sempre que necessário, ser abertas novas células anexas, específicas para os resíduos industriais não perigosos. Em Janeiro de 2001, o despacho do Sr. Ministro do Ambiente e do Ordenamento do Território, exarado sobre a informação número 4/01 de 2001/01/15, autorizou a deposição de resíduos industriais não perigosos entre Janeiro de 2001 e Dezembro de 2003, nos aterros de RSU.

Para finalizar a estratégia de gestão de resíduos industriais não perigosos, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97, deixa em aberto a possibilidade de criação de novas infraestruturas de tratamento totalmente distintas e exclusivas para resíduos deste tipo.

Da análise do PESGRI, em relação à estratégia de gestão de resíduos industriais e consequentemente os programas de acção para atingir essa estratégia, verifica-se que não foram definidas linhas de orientação distintas para a gestão dos resíduos industriais perigosos e não perigosos.

Por suportarem os objectivos do actual estudo, salientam-se dois aspectos abordados no PESGRI quanto às valorizações multimaterial e orgânica. De acordo com ME & MA (2000) os resíduos industriais apresentam grandes potencialidades

de reciclagem multimaterial pelas características da sua produção, que permitem uma maior triagem na origem, pelo que os resíduos se apresentam geralmente não contaminados. Por outro lado são recomendadas as soluções de compostagem ou de gaseificação, no caso das indústrias que produzam consideráveis quantidades de resíduos com composição acentuadamente orgânica.

No PESGRI e no que se refere aos programas de acção, de acordo com ME & MA (2000), a partir de uma situação de referência que corresponde a um ciclo primitivo de eliminação dos resíduos, com a reciclagem efectuada de um modo pouco profissional, e o tratamento e destino final deixados sem vigilância e controlo, perspectivou-se a evolução da actividade industrial a partir de três paradigmas:

1.º - Paradigma melhorado: neste paradigma a reciclagem torna-se mais empresarial, embora de forma ainda muito incipiente. Surgem formas de tratamento mais seguras, no entanto são esporádicas e incompletas. Em termos de destino final é estabelecido o encerramento das lixeiras e a sua substituição por aterros sanitários.

2.º - Paradigma tecnológico: este paradigma é fundamentado por um sistema funcional de operações de gestão, devidamente organizado, submetido à orientação de uma entidade responsável.

3.º - Paradigma ecológico: tem por base o fundamento que não existem propriamente resíduos mas sim “produtos residuais”, com excepção das matérias classificadas como “resíduos perigosos”.

À data da elaboração do PESGRI e segundo ME & MA (2000) o paradigma que melhor representava a situação da actividade industrial em Portugal, era o melhorado.

Quanto à estratégia de gestão conjunta de RSU e resíduos industriais não perigosos estabelecida na Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97, nomeadamente a aceitação dos industriais não perigosos em aterro de RSU, o PESGRI refere que é uma solução provisória, fomentado por isso a implantação de soluções dedicadas para resíduos industriais.

A Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril, designada por “Directiva Aterro” e que foi transporta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, estabelece a classificação dos aterros em três classes:

- Aterros para resíduos inertes;
- Aterros para resíduos não perigosos;
- Aterros para resíduos perigosos.

Desta classificação resulta que os resíduos industriais não perigosos e urbanos, em termos genéricos e no que respeita à sua deposição em aterro, são alvo da mesma abordagem.

Por outro lado esta Directiva consagra o princípio da não aceitação, nestas estruturas, de resíduos orgânicos ou minerais facilmente degradáveis, sem tratamento prévio, no sentido de evitar a biodegradação e a sua influência negativa na vida da massa do aterro.

Uma questão que importa perceber e que é transversal a todo ao enquadramento de políticas no âmbito da gestão dos resíduos industriais não perigosos, diz respeito à sua definição.

De acordo com a Resolução de Conselho de Ministros n.º 98/97, de 25 de Junho, “os resíduos industriais não perigosos” são entendidos como um conjunto muito diversificado de resíduos que, no entanto, em termos globais, se podem considerar de perigosidade análoga à dos resíduos sólidos urbanos, requerendo meios de tratamento em muitos casos também semelhantes. Daí, este documento privilegiar a integração dos resíduos industriais não perigosos, no quadro dos mecanismos de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Nesta definição de resíduos industriais não perigosos, apenas está implícito o conceito da natureza dos resíduos. Por outro lado, o Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, para além deste conceito contempla também o de quantidade.

Assim, o Decreto-Lei n.º 239/97, define os “Resíduos urbanos”, como os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 litros por produtor.

Daí e segundo este diploma os resíduos industriais não perigosos, de natureza análoga aos resíduos urbanos, serem entendidos como resíduos urbanos e consequentemente alvo das mesmas operações de gestão, desde que a sua produção diária não exceda o quantitativo considerado na definição anterior.

Desde que a produção diária de resíduos industriais não perigosos seja superior a 1100 litros, da análise do Decreto-Lei n.º 239/97, conclui-se que este tipo de resíduos são entendidos como resíduos industriais, o que determina uma abordagem conjunta em termos de resíduos industriais perigosos e não perigosos.

No Decreto-Lei n.º 152/2002, não é apresentada uma definição exclusiva para os resíduos industriais não perigosos, no entanto importa referir a de “resíduos urbanos”, os resíduos provenientes das habitações bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes das habitações, e a de “resíduos não perigosos”, resíduos não abrangidos na alínea c) do artigo 2.º, ou seja, os resíduos que não apresentem características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, não sendo por isso classificados na lista de resíduos da União Europeia.

Cruzando estas duas definições resulta que os resíduos objecto do presente estudo, são entendidos neste diploma, como resíduos urbanos não perigosos.

## 2.2. Gestão de resíduos industriais na Europa

Em §2.2 são apresentadas as estratégias estabelecidas para a gestão de resíduos industriais em alguns países europeus.

Foram escolhidos três casos de estudo distintos, Catalunha/Espanha, Dinamarca e Cork County/Irlanda, porque:

- O primeiro refere-se a um plano regional para a gestão exclusiva de resíduos industriais;
- Os 2.º e 3.º referem-se a planos transversais para os vários tipos de resíduos produzidos, com a variação no alcance, nacional no primeiro caso e regional, no segundo. Atendendo aos objectivos do trabalho serão avaliados nos planos apenas os aspectos ligados à gestão dos resíduos industriais.

Da análise do relatório “Report from the commission to the council and the european parliament on the implementation of community waste legislation” elaborado por Commission of the European Communities (2003), e relativamente ao levantamento de planos de gestão de resíduos nos Estados-membros, verifica-se que apenas é referida a existência de planos de gestão de resíduos industriais em Bélgica e Irlanda. Por outro lado, relativamente a Espanha, França e Alemanha é referida a existência de outros planos, para além dos planos de gestão de resíduos domésticos e perigosos, não sendo detalhado o seu alcance.

Neste relatório e relativamente a Bélgica, em concreto na região de Flandres, constava a existência de um plano de gestão, para a recolha separativa de resíduos industriais de pequenas indústrias.

Através dos vários contactos efectuados com a Agência de resíduos da Catalunha, a Sociedade pública de resíduos para a gestão de resíduos da região de Flandres (OVAM), a Agência de ambiente e da autoridade da energia de França (ADÈME), a Agência europeia de ambiente, o grupo de trabalho europeu sobre o composto “European Compost Network”, o grupo de trabalho sobre a compostagem e a gestão integrada de resíduos da Escola Agrária de Parco di Monza, Departamento de gestão de resíduos sólidos do ministério do ambiente da Grécia, Agência de ambiente do Reino Unido, Agência de protecção do ambiente da Dinamarca, de forma a obter referências de planos de gestão de resíduos, que fossem exclusivos para os industriais ou que os integrassem, as respostas conseguidas apontaram para os planos escolhidos.

Em seguida procede-se à descrição dos planos referidos no início de § 2.2, a qual se inicia pelo plano de Catalunha.

Para a região espanhola de Catalunha foi formulado um plano para a gestão exclusiva dos resíduos industriais com a designação de Programa de Gestão de Resíduos Industriais da Catalunha (PROGIC).

O plano tem como alcance o período 2001-2006 e como objecto, o conjunto dos resíduos industriais, designadamente, inertes, não perigosos e perigosos (Generalitat de Catalunya *et al.*, 2001).

Um factor a realçar referido por Generalitat de Catalunya *et al.* (2001) diz respeito ao financiamento pelo sector privado de 82% da estimativa global dos investimentos previstos no plano e que atinge 692, 92 milhões de euros.

Na tabela 2.1 apresentam-se, de uma forma resumida, os eixos de actuação (objectivos gerais) do PROGIC.

**Tabela 2.1 – Resumo dos objectivos gerais do PROGIC**

<b>Objectivos gerais:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Minimizar a produção de resíduos industriais relativamente à sua quantidade e qualidade;</li><li>- Aumentar a recuperação dos resíduos industriais e melhorar as actividades do sector da reciclagem e dos produtos obtidos;</li><li>- Reduzir a quantidade das fracções de resíduos destinadas à deposição final e assegurar que a deposição seja conduzida sob rigorosas condições de segurança;</li><li>- Integrar os objectivos em programas de conhecimento, que procuram elevar a colaboração dos cidadãos, dos agentes económicos e de todos os corpos administrativos;</li><li>- Traçar e coordenar acções de protecção de solos e recuperação de solos contaminados.</li></ul>

Fonte: Adaptado de Generalitat de Catalunya *et al.* (2001)

O objectivo geral relativo à valorização prende-se com o aumento quantitativo da valorização dos resíduos industriais e com a melhoria das actividades deste sector, e por conseguinte o aumento dos produtos obtidos. Em concreto, segundo as hipóteses do PROGIC, no horizonte dos anos 2003 e 2006, prevê-se reciclar respectivamente, 67% e 70% dos resíduos industriais e valorizar energeticamente respectivamente, 3% e 6%.

O incremento previsto na valorização será devido à diminuição dos resíduos destinados a aterro e ao aumento da quantidade de resíduos valorizados (Generalitat de Catalunya *et al.*, 2001).

Na abordagem do eixo valorização e no que se refere a tendências, Generalitat de Catalunya *et al.* (2001) refere o facto de algumas instalações de compostagem da fracção orgânica dos resíduos municipais, estarem autorizadas a tratar resíduos de origem industrial. Por outro lado, é também incentivada a coordenação das acções relacionadas com a reciclagem conjunta dos resíduos tanto de origem industrial como municipal. Esta coordenação deve incluir entre outras, acções de planificação, logística e instalações de tratamento.

Para além das opções de tratamento referidas, na região da Catalunha existe uma unidade de incineração de resíduos municipais autorizada para a recepção de resíduos industriais banais (Generalitat de Catalunya *et al.*, 2001).

Finalmente, em termos de deposição o PROGIC considera a possibilidade da deposição nos aterros de resíduos industriais, de resíduos municipais até 30% da produção total (Generalitat de Catalunya *et al.*, 2001).

De forma a consolidar os conhecimentos e colaboração dos agentes o programa prevê a implementação de um Centro de Comunicação e Disseminação que visa essencialmente preencher a carência revelada nas pequenas e médias empresas, ao nível dos recursos disponíveis para fazer frente com sucesso à complexidade das regulamentações ambientais, e permitir o seu acesso a apoio técnico (Generalitat de Catalunya *et al.*, 2001).

No segundo caso de estudo (Dinamarca) são analisados os planos para os períodos 1998-2004 e 2005-2008. Embora o plano para 2005-2008 siga as orientações estabelecidas no anterior, demonstra uma maior consolidação de políticas, e ressalva a necessidade de aumentar a reciclagem nos sectores industrial e de serviços.

Na Dinamarca, em contraste com muitos outros países, escolheu-se um sistema de gestão de resíduos para gerir simultaneamente, resíduos domésticos, industriais e comerciais, cobrindo quer os resíduos de embalagem quer os perigosos (Danish Environmental Protection Agency, 1999).

Em comparação com os outros estados membros da União Europeia, a Dinamarca traçou outro caminho para o tratamento de resíduos produzidos, explorando fortemente a componente energética dos resíduos através da incineração (Danish Environmental Protection Agency, 1999).

O modelo de gestão de resíduos assenta na separação na fonte, como elemento fundamental, existindo esquemas de separação utilizados quer pelos cidadãos, quer pelas indústrias (Danish Environmental Protection Agency, 1999).

Na Dinamarca produzem-se cerca de 13 milhões de toneladas de resíduos anualmente, dos quais cerca de 21%, ou seja 2.6 milhões de toneladas são provenientes da indústria (Danish Environmental Protection Agency, 1999).

Da análise do plano “Waste Strategy 2005-2008” elaborado por Danish Government (2004), verifica-se que até à data da sua elaboração, a maioria dos resíduos orgânicos produzidos nas indústrias era reciclada. Parte dos resíduos orgânicos eram usados directamente como fertilizantes em solos agrícolas e como substitutos de matérias primas, um décimo era usado na produção de biogás e apenas 1% incinerado ou depositado em aterro.

Da análise dos planos “Waste 21” elaborado por Danish Environmental Protection Agency (1999) e “Waste Strategy 2005-2008” elaborado por Danish Government (2004), verificou-se que em 1999 a quantidade de resíduos das indústrias de produção depositada em aterro (26% do total produzido) foi considerada excessiva pelo Ministério do Ambiente e Energia.

Deste modo os esforços estabelecidos no primeiro plano ao nível da gestão dos resíduos industriais concentraram-se na redução das quantidades a enviar para aterro, sendo estabelecida a meta de 15% para 2004.

Verificou-se também que em 2004 este objectivo não foi atingido, sendo que o objectivo para 2008, conforme apresentado no plano “Waste Strategy 2005-2008”, é atingir a meta estabelecida no plano “Waste 21” para 2004.

Por outro lado em 1999 reciclaram-se acima de 60% dos resíduos industriais, e as metas para 2004 eram atingir os 65% e em 2008 ultrapassar este último valor (Danish Environmental Protection Agency, 1999; Danish Government, 2004).

As autoridades locais são responsáveis pelo estabelecimento de opções de tratamento para os resíduos industriais (Danish Environmental Protection Agency, 1999; Danish Government, 2004). Uma das iniciativas a empreender no sector



industrial, como estabelecido no plano para 2005-2008, visa reforçar a participação das indústrias em esquemas efectivos de gestão de resíduos, bem como no estabelecimento de associações do sector que representem as indústrias e que permitam desenvolver esquemas nacionais de recolha dos resíduos industriais.

O plano de Cork County constitui o terceiro caso de estudo apresentado. Este plano é de âmbito regional e tem como alcance o período 1999-2004.

A região de Cork, tal como a Dinamarca, estabeleceu um sistema de gestão de resíduos para gerir resíduos domésticos, industriais e comerciais.

A quantidade de resíduos industriais depositada em aterro em 1997, 84% da produção total, segundo Cork County (1997), conduziu a uma abordagem de gestão integrada dos resíduos, com o objectivo de reduzir as deposições em aterro em favor da utilização de uma série de opções de tratamento para atingir as metas<sup>2</sup> estabelecidas para a reciclagem e a recuperação.

Pela análise do plano de Cork verificou-se que em termos de composição os resíduos industriais não perigosos produzidos na região são maioritariamente constituídos por papel (50%), seguindo-se as categorias outros, vidro e plástico que representam 45%, 4% e 1%, respectivamente. Na categoria outros são desconhecidos os potenciais resíduos incluídos na mesma.

O plano tem como um dos principais objectivos, inverter a tendência existente de deposição de resíduos e promover a sua valorização. Em termos genéricos, os restantes objectivos gerais do plano visam essencialmente a crescente participação do sector privado no fornecimento de serviços de gestão de resíduos, no estabelecimento de um sistema mais equitativo e efectivo de custos que promova a minimização e a recuperação, e por último uma crescente utilização dos instrumentos legislativos (Cork County, 1997).

A estratégia definida por Cork County (1997) para alcançar um dos principais objectivos do plano, ou seja a inversão na tendência de deposição de resíduos, passa pelo desenvolvimento de uma instalação de recuperação para a região de Cork. Foi estabelecido que a instalação contemplaria uma unidade de separação mecânica e uma outra de compostagem, e que os resíduos a processar seriam domésticos, comerciais, industriais não perigosos (incluindo lamas) e como opção adicional, lamas de ETAR.

O plano fundamenta a gestão integrada dos vários tipos de resíduos pelo facto dos sectores comercial e industrial, em termos de recolha, estarem mais adaptados a separar os fluxos resíduos. Por exemplo, as grandes quantidades de papel produzidas por estes sectores serve provavelmente para suportar a recolha separativa deste fluxo de resíduos, uma vez que a recolha separativa resulta num

---

<sup>2</sup> As metas são as seguintes:

- Um mínimo de recuperação de 25% em peso de todos os resíduos de embalagem até 30 de Junho de 2001;
- Recuperação de 50%-65% em peso dos resíduos de embalagem, até ao final de 2005;
- Reciclagem de 25%-45% de todas as embalagens, com um mínimo de taxa de reciclagem de 15% por cada tipo de embalagem.

fluxo de resíduos de alta qualidade com maior potencial de reciclagem (Cork County, 1997).

Por outro lado o plano realça que as metas de reciclagem podem ser alcançadas mais facilmente, pela concentração da recuperação de resíduos de embalagem de indústrias, supermercados, escritórios e sector agrícola.

O plano debruça-se igualmente sobre a importância da regionalização no planeamento da gestão dos resíduos, e a cooperação entre autoridades locais vizinhas na obtenção de economias de escala (Cork County, 1997).

Da análise global destes planos constatou-se que não existirá uma estratégia óptima universal, mas sim várias estratégias, por diferenças políticas, geográficas, económicas, sociais, culturais que variam de região para região, ou de país para país.

Um ponto em comum nos planos analisados é que merece ser salientado diz respeito à estratégia de gestão de resíduos, ter por base uma gestão conjunta de resíduos de várias origens, como é o caso dos domésticos e industriais. A gestão conjunta não passa apenas pela valorização multimaterial, da fracção orgânica ou energética, como também pela deposição em aterro.

Alguns dos aspectos coincidentes nos planos anteriormente citados, prendem-se com o facto da prevenção da produção de resíduos ser um dos pilares da gestão de resíduos, com o consequente aumento da taxa de desvio dos resíduos de aterro.

Em todos os planos são enunciadas medidas de utilização de instrumentos legislativos que visam promover a aplicação do princípio do poluidor-pagador e a responsabilização de todos os agentes intervenientes no ciclo de vida dos resíduos.

### **2.3. Incentivos para o desvio de resíduos de aterro**

Um dos principais objectivos do presente estudo é analisar através da utilização do modelo IWM-2, os impactes ambientais e económicos do crescente desvio de resíduos industriais banais de aterro. Assim, importa perceber outros aspectos, relacionados quer com a forma de organização da gestão económica dos sistemas de recolha, tratamento e deposição dos resíduos, quer com as políticas existentes na área do ambiente que potenciam a valorização como sistema de gestão dos resíduos, em detrimento da sua deposição em aterro.

O incremento da valorização pode realizar-se através da utilização de instrumentos económicos (directos, como financiamentos, ou indirectos, por exemplo, aumento do custo de deposição em aterro) e instrumentos normativos (European Environment Agency, 2002a).

De uma forma geral, o uso de instrumentos económicos introduz mais flexibilidade e maior eficiência, nomeadamente em termos de custo-eficácia nas medidas de gestão de RSU. Para além disso, pode incentivar o desenvolvimento de tecnologias de controlo da poluição no sector privado, constituir uma fonte de financiamento para

os programas de apoio à gestão de resíduos e evitar a necessidade de informação exaustiva sobre alguns aspectos na tomada de decisão (Santos, 2005).

Os instrumentos económicos aplicados à gestão de RSU podem ser utilizados como ferramentas para (IDB, 2003 *In* Santos, 2005):

- Redução da quantidade de resíduos produzida (prevenção quantitativa);
- Redução da proporção de resíduos perigosos nos resíduos (prevenção qualitativa);
- Separação dos resíduos perigosos tendo em vista uma gestão adequada;
- Incentivo à reutilização e à reciclagem de resíduos;
- Apoio a sistemas custo-eficazes de recolha, transporte e deposição final de RSU;
- Minimização dos impactes ambientais adversos relacionados com os sistemas de recolha, transporte e deposição final de RSU;
- Geração de receitas para cobrir os custos.

A análise do relatório “Case Studies on Waste Minimisation Practices in Europe” elaborado por European Environment Agency (2002a) demonstrou que muitos países membros da União Europeia tentaram encorajar a minimização dos resíduos, pela introdução de taxas na deposição de resíduos em aterro. Este incentivo pode constituir um motivo para os produtores de resíduos reciclarem, mas pode também causar o aumento de deposições ilegais, sendo que os produtores de resíduos alteram o comportamento na tentativa de evitar as taxas.

Assim, as medidas económicas são geralmente efectivas, quando o objectivo é a regulação de um único interveniente (actor) no mercado e podem apenas ser aplicadas, quando são possíveis alternativas de gestão de resíduos (European Environment Agency, 2002a).

A análise dos documentos “Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste”, “Exemplos de compostagem e de recolhas selectivas bem sucedidas” e “Biodegradable municipal waste management in Europe. Part 1: Strategies and instruments” elaboradas, respectivamente, por Eunomia Research & Consulting (s.d.), Comissão Europeia (2000) e European Environment Agency (2002b), revelou que os factores chave para encorajar o desvio de resíduos orgânicos de aterro incluem a introdução de interdições e restrições da deposição em aterro de determinadas fracções de resíduos, juntamente com a aplicação de um sistema de taxas que aumente o custo da deposição em aterro, de tal modo que torne esta opção de tratamento não atractiva em termos financeiros.

A análise destes documentos revelou também que a experiência de países com casos de sucesso, no desvio de grandes quantidades de resíduos orgânicos de aterro, sugere a necessidade de um amplo sistema de recolha separativa em conjunto com um pacote integrado de opções de tratamento.

Relativamente a instrumentos políticos de suporte aos objectivos definidos no presente estudo, ou seja que potenciem a valorização de resíduos industriais não perigosos em detrimento da sua deposição, é necessário destacar duas Directivas pela sua importância no estabelecimento de metas concretas em matéria de gestão de resíduos, que é o caso da Directiva Embalagens de 2004 (Directiva 2004/12/CE, de 18 de Fevereiro) e em termos de implicações no tratamento de resíduos orgânicos, a prevista Directiva Compostagem conforme documento intitulado “Biological Tratamento of Biowaste (2nd draft)” elaborado pela European Commission (2001).

A Directiva de Embalagens e Resíduos de Embalagens fixa como metas até 2008, a valorização de, no mínimo, 60% e a reciclagem de, no mínimo, 55% e, no máximo, 80% em peso dos resíduos de embalagens.

Esta Directiva fixa ainda objectivos mínimos de reciclagem para os vários materiais contidos nos resíduos de embalagens, 60% para o vidro, 60% para o papel e cartão, 50% para os metais, 22.5% para os plásticos e 15% para a madeira.

Portugal foi contemplado pela derrogação prevista na Directiva 94/62/CE, revogada pela Directiva 2004/12/CE, podendo adiar o cumprimento das metas anteriormente referidas até 2011.

Da análise do relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a aplicação da legislação comunitária, entre outras a Directiva 94/62/CE, verifica-se que Portugal em 1999 realizou uma valorização global superior a 25%, no entanto em 1998 e 1999 não conseguiu reciclar mais de 1% dos resíduos de embalagens metálicas.

Por outro lado a Agência Europeia do Ambiente (2004) refere que Portugal em 2002 já cumpria a meta de reciclagem de 2005 relativa à quantidade total de embalagens reciclada, apresentando um valor de 36%, ainda que bastante inferior à taxa média de reciclagem na União Europeia (EU) que atingiu os 54%. Apesar de alcançados estes quantitativos, existem materiais como o plástico e o alumínio, em que as respectivas taxas de reciclagem não ultrapassavam em 2004 os 15% de reciclagem (Rodrigues, 2005 *In* Santos, 2005), pelo que será bastante difícil atingir as metas para 2011.

No documento elaborado pela European Commission (2001) intitulado “Biological Tratamento of Biowaste (2nd draft)” também conhecido como proposta da Directiva Compostagem é apresentada no seu anexo I uma listagem de resíduos orgânicos adequados para o tratamento biológico, entre os quais se encontram descritos os resíduos considerados no caso em estudo.

A proposta de Directiva tem como principais objectivos (European Commission, 2001):

- a promoção do tratamento biológico dos resíduos orgânicos em harmonia com as medidas nacionais relativas à sua gestão, de forma a prevenir ou reduzir qualquer impacto negativo no ambiente;
- a protecção do solo;

- assegurar que o uso de resíduos orgânicos resulta em benefícios para a agricultura;
- assegurar que a saúde humana, animal e das plantas não são afectadas pelo uso de resíduos orgânicos.

O documento está em consonância com a hierarquia de princípios de gestão estabelecidos na política de resíduos europeia, deste modo os resíduos orgânicos devem passar pelas etapas de recolha selectiva, tratamentos biológicos com ou sem recuperação de biogás e finalmente a aplicação no solo.

Este documento estabelece igualmente que apenas podem ser aplicados no solo resíduos orgânicos tratados. Este princípio tem inúmeras implicações na gestão dos resíduos orgânicos de tal modo que subseqüentemente o documento fixa:

- os requisitos de higienização necessários no processo de gestão e monitorização das instalações de compostagem e de digestão anaeróbia, bem como os requeridos nos produtos finais (composto ou digerido) (anexo II da proposta da Directiva Compostagem);
- as classes de qualidade ambiental para composto/digerido ou resíduos orgânicos estabilizados (anexo III da proposta da Directiva Compostagem);
- a responsabilidade do produtor quer na qualidade do composto ou digerido produzidos quer no facto de ter que assegurar uma contaminação tão baixa quanto possível, por patogénicos ou outras substâncias ou materiais que podem estar presentes e causar problemas nos solos, culturas, animais ou homem. Deste modo European Commission (2001), refere que o produtor deve garantir que o composto ou digerido obedecem aos valores limite fixos nos anexos II e III e que devem ser analisados de acordo com as frequências e procedimentos estabelecidos no anexo IV.
- os requisitos que devem ser obedecidos na etiquetagem do composto ou digerido que são importados, produzidos ou comercializados na UE.

A pertinência da análise da Directiva Compostagem em termos do seu contributo para atingir os objectivos propostos no estudo, deve-se ao facto do fluxo de resíduos orgânicos ser um dos mais representativos em termos da entrada de resíduos para o modelo IWM-2, representando cerca de 20% do quantitativo total.

Na tabela a seguir apresentam-se exemplos de incentivos utilizados em alguns países da UE para potenciar o desvio de resíduos de aterro. Os incentivos são materializados por medidas económicas ou políticas.

**Tabela 2.2 – Exemplos de incentivos aplicados em alguns países europeus**

<b>País ou Região</b>	<b>Descrição das medidas</b>	<b>Promotor</b>
Portugal <sup>2</sup>	De uma forma muito genérica o PNPA e o PESGRI promovem a recolha e reciclagem na gestão de resíduos industriais. O PESGRI nos programas de acção a curto e médio prazo, promove a reciclagem dos resíduos industriais, o tratamento dos banais e a introdução de uma taxa sobre a deposição em aterro, de forma a fomentar a prevenção da produção e a reciclagem de resíduos industriais.	Governo central
Dinamarca <sup>3</sup>	Foram estabelecidos esquemas subsidiados para projectos no âmbito das tecnologias limpas, procurando a redução de impactos ambientais dos produtos numa perspectiva de ciclo de vida.  Existe uma taxa estatal geral para os resíduos, a taxa é diferenciada, mais elevada para deposição em aterro, menos onerosa para incineração e isenta para reciclagem: - Em 1987 foi introduzida a taxa de 5.37 €/ton para aterro e incineração, não existindo taxa para reciclagem, compostagem e digestão anaeróbia; - Em 1992 as taxas atingiram montantes muito superiores, 50.55 €/ton para aterro, 37.58 €/ton para incineração com a produção combinada de calor e energia e 45 €/ton para incineração apenas com produção de calor.	Governo central
Catalunha <sup>4</sup> (Espanha)	Para promover a implantação de incentivos económicos favoráveis à melhoria da gestão dos resíduos industriais, foram desenvolvidas acções distintas que podem distribuir-se em três grupos: ajudas a empresas, realização de estudos e criação do “Centro de Iniciativas para la Producción Limpia” <sup>1</sup> ;  Com objectivo de impulsionar a minimização de resíduos foram desenvolvidos instrumentos legais e económicos (dissuasivos e incentivadores), dos quais se destacam: - Concessão de prémios, reconhecimentos públicos e distinções às empresas que alcancem melhorias significativas no âmbito da minimização dos resíduos; - Estabelecimento de uma rede de inovação tecnológica que coloque o potencial de investigação das universidades ao serviço das pequenas e médias empresas  Para fomentar a valorização de resíduos são promovidas as seguintes medidas: - Manutenção de uma base de dados de produtos e materiais reciclados que sirva de referência para encontrar produtos reciclados tanto pelos produtores como pelos utilizadores potenciais; - Assessorar de forma activa os sectores que possam ser utilizadores de materiais reciclados; - Promover o consumo de materiais reciclados através de aquisições públicas e corporativas; - Melhorar a imagem dos produtos reciclados mediante a sua standardização, homologação e certificação de qualidade.  Aplicação da Lei 3/1998, de 27 de Fevereiro, para garantir que as empresas nos tramites das suas licenças, revejam os processos industriais e consequentemente sejam detectadas oportunidades de valorização.	Governo regional (Junta de Residus de Catalunya)

**Tabela 2.2 (cont.) – Exemplos de incentivos aplicados em alguns países europeus**

<b>País ou Região</b>	<b>Descrição das medidas</b>	<b>Promotor</b>
Cork <sup>5</sup> (Irlanda)	Foram estabelecidos incentivos económicos para maximizar a taxa de desvio de aterro entre os quais fornecimento de auxílios, recompensas e prémios.  Numa das iniciativas tomadas pelo condado de Cork surgiu o projecto EcoCork que visa a promoção pró-activa da minimização dos resíduos e da prevenção de resíduos nas decisões de planeamento industrial.	Governos central e local
Reino Unido <sup>6</sup>	Desenvolvimento de um programa, designado de ENVIROWISE com o objectivo de minimização de resíduos no sector industrial. As medidas contempladas no programa passam por: - Apoio técnico às empresas para melhorarem o seu desempenho ambiental e reduzirem custos ao mesmo tempo; - Aconselhamento das empresas através de visitas técnicas realizadas por consultores; - Publicações e seminários.	Departamento de Ambiente, Transportes e Regiões (DETR) e Departamento do Comércio e Indústria (DTI)
Holanda <sup>7</sup>	Uma lei de 1995 restringiu a deposição de 32 categorias de resíduos provenientes de habitações e indústrias, e a deposição em aterro de resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados ou incinerados com recuperação de energia.	Governo central
Flandres <sup>7</sup> (Bélgica)	Em 1992 foi constituída uma organização VLACO com os objectivos de promoção, venda, investigação e controlo da qualidade do composto.  A partir de 1998 introduziram-se restrições na deposição de certos resíduos biodegradáveis que foram assumidas na forma de taxas: - a incineração com recuperação de energia a taxa atingiu o valor de 6 €/ton; - a incineração sem recuperação de energia a taxa atingiu o valor de 13 €/ton; - a deposição em aterro o valor atribuído à taxa foi de 55 €/ton.	Sectores público e privado  Governo central

(1) Os serviços oferecidos pelo “Centro de Iniciativas para la Producción Limpia” concentram-se em seis linhas de actividade: informação e assessoria primária a empresas; diagnóstico ambiental de oportunidades de minimização; grupos de trabalho conjunto entre empresas; divulgação; pedidos de financiamento para as empresas; projectos de demonstração.

Fontes: (2) MARN, (1995) e ME & MA, (2000); (3) Danish Environmental Protection Agency, (1999) e Danish Government, (2004); (4) Generalitat de Catalunya *et al.*, (2001); (5) Cork County, (1997); (6) European Environment Agency, (2002a); (7) European Environment Agency, (2002b).

## 2.4. Modelos de gestão de resíduos sólidos

Em §2.4 são analisados e comparados vários modelos recentes de gestão de resíduos sólidos, com incidência nos seus objectivos, opções de tratamento consideradas, potencialidades e resultados decorrentes da sua aplicação. Os modelos são descritos por ordem ascendente das datas de publicação dos artigos, nos quais os modelos foram apresentados à comunidade científica.

De salientar que o modelo que suporta a estratégia de gestão de resíduos industriais banais, estabelecida no presente estudo, é descrito e apresentado com algum detalhe.

Antes de ser iniciada a descrição dos vários modelos, importa perceber os objectivos e potencialidades da modelação em geral.

A utilização de um modelo permite conhecer o sistema de gestão de resíduos, pelos custos económicos e ambientais associados, entre outros. Através da utilização de

um modelo, é expectável, conhecer os pontos de maior sensibilidade do sistema de gestão de resíduos, e consequentemente, identificar por exemplo que alterações poderão ter, maiores efeitos na redução de descritores económicos e ambientais (McDougall *et al.*, 2001).

A optimização do sistema de resíduos para reduzir cargas ambientais ou custos económicos requer que estes possam ser previstos, daí a necessidade de modelar os sistemas de gestão de resíduos (Harrison *et al.*, 2001).

A modelação pode à primeira vista parecer um exercício puramente académico, mas investigações revelam que tem muitos usos práticos (White *et al.*, 1995; McDougall *et al.*, 2001).

Os modelos podem ser usados para prever possíveis impactes ambientais e custos económicos no futuro. Cada previsão não consegue ter 100% de precisão, mas consegue dar estimativas válidas para um planeamento estratégico futuro (White *et al.*, 1995).

#### 2.4.1. Descrição e análise de vários modelos

A pesquisa bibliográfica realizada, com o objectivo de encontrar modelos recentes de gestão de resíduos, permitiu a identificação e análise de dez modelos diferentes.

Estes modelos foram desenvolvidos com a finalidade de comparar diferentes cenários de gestão de resíduos e por isso suportar o planeamento dessa mesma gestão. Na maioria dos modelos os resíduos que permitem correr os vários modelos dizem respeito a resíduos domésticos, embora dois permitam introduzir dados relativos à produção de resíduos industriais.

Para uma melhor análise e comparação dos vários modelos, na tabela 2.3 são descritos os objectivos e apresentadas algumas das suas características, designadamente resíduos e processos unitários considerados, dados de entrada, e resultados.



**Tabela 2.3 – Objectivos e características de vários modelos de gestão de resíduos**

“Integrated Waste Management 1 <sup>(1)</sup> ”	Objectivos	Comparar diferentes cenários de gestão de resíduos.
	Resíduos processados	Domésticos e comerciais.
	Processos unitários	Reciclagem, tratamento biológico (compostagem e digestão anaeróbia), tratamento térmico (incineração com ou sem recuperação de energia, queima RDF - produção de combustíveis a partir dos resíduos) e aterro.
	Dados de entrada	Dados relacionados com os resíduos produzidos, caracterização da recolha de resíduos (sistemas colectivos ou individuais), dados relativos a várias opções de tratamento (condições de funcionamento e custos operacionais associados).
	Resultados	Impactes ambientais (emissões gasosas, efluentes, resíduos finais), consumos de energia e custos.
“Decision Support System <sup>(2)</sup> ”	Objectivos	Comparar e ordenar (do melhor ao pior) diferentes cenários de gestão de resíduos.
	Resíduos processados	Domésticos e comerciais.
	Processos unitários	Recolha, separação, digestão aeróbia, incineração, queima RDF (produção de combustíveis a partir dos resíduos) e aterro.
	Dados de entrada	Mapa dos municípios, uso do solo, localização dos lençóis freáticos, rede de estradas, localização dos locais de interesse ecológico e dados relacionados com a produção e tratamento de resíduos.
	Resultados	Risco associado à localização das infraestruturas de tratamento de resíduos, impacto ambiental das infraestruturas de tratamento ou de deposição de resíduos, custos de investimento e correntes, risco associado ao transporte de resíduos.
“EUGÈNE <sup>(3)</sup> ”	Objectivos	Minimizar os custos totais da gestão de resíduos e os impactes resultantes.
	Resíduos processados	Domésticos, comerciais, provenientes de pequenas indústrias, parques e lamas provenientes de ETAR's.
	Processos unitários	Recolha, separação, digestão aeróbia, incineração e aterro
	Dados de entrada	Dados relacionados com a produção de resíduos (incluindo a localização das fontes produtoras), caracterização da recolha dos resíduos (incluindo distâncias e tempos de recolha), caracterização e localização das instalações existentes ou projectadas para processamento dos resíduos e caracterização dos mercados para os subprodutos provenientes dos resíduos processados.
	Resultados	Combinação da recolhas de resíduos, cálculo da capacidade de processamento adicional em cada instalação, encargos com a recolha dos resíduos até aos locais de tratamento e com os materiais gerados, actividade anual de cada instalação de tratamento de resíduos e quantidades de materiais gerados em cada instalação.
“ORWARE <sup>(4)</sup> ”	Objectivos	Simular diferentes cenários para a gestão de resíduos orgânicos domésticos e provenientes de sistemas de águas residuais.
	Resíduos processados	Urbanos e provenientes de sistemas de águas residuais.
	Processos unitários	ETAR, incineração, digestão anaeróbia, compostagem e aterro.
	Dados de entrada	Dados relativos aos vários sub-modelos: ETAR, incineração, aterro, digestão aeróbia, digestão anaeróbia, transporte e espalhamento de resíduos em terrenos agrícolas.
	Resultados	Emissões gasosas, efluentes, balanço de energia, quantidades de resíduos introduzidos em terrenos agrícolas.
“Life Cycle Management <sup>(5)</sup> ”	Objectivos	Avaliar os custos e o desempenho ambiental de estratégias integradas de gestão de RSU.
	Resíduos processados	Domésticos e comerciais, provenientes de instituições e sectores industriais. O modelo exclui os resíduos industriais provenientes do processo, lamas, resíduos de construção e demolição, resíduos patológicos, resíduos agrícolas, resíduos de minas e resíduos perigosos.
	Processos unitários	Recolha, estação de transferência, triagem, incineração (com ou sem recuperação de energia), digestão aeróbia e aterro.
	Dados de entrada	Dados relativos às várias operações de gestão de RSU, energia (combustíveis e electricidade) e dados relativos a vários tipos de veículos e equipamentos.
	Resultados	Dados ambientais incluindo consumos de energia e emissões (ar, água, resíduos sólidos) e custos.

**Tabela 2.3 (Cont.) – Objectivos e características de vários modelos de gestão de resíduos**

"Decision Support Tool" <sup>(6)</sup>	Objectivos	Suportar a escolha de alternativas de gestão de resíduos com menores custos e impactes ambientais.
	Resíduos processados	Domésticos, comerciais ou institucionais.
	Processos unitários	Recolha, transferência, triagem, tratamento e deposição.
	Dados de entrada	Dados relativos à produção de resíduos, população, taxas estabelecidas em determinados processos de tratamento dos resíduos, distâncias entre as várias instalações de tratamento de resíduos, emissões dos camiões de transporte dos resíduos e caracterização das várias opções de tratamento consideradas.
	Resultados	Custos, consumo de energia, partículas, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, monóxido e dióxido de carbono, e gases produtores do efeito de estufa.
"MARKAL" <sup>(7)</sup>	Objectivos	Sustentar a definição do plano de gestão de resíduos da região de Basilicata (sudeste de Itália).
	Resíduos processados	Domésticos.
	Processos unitários	Recolha, digestão aeróbia, estabilização, incineração e aterro.
	Dados de entrada	Dados relativos ao funcionamento das instalações de tratamento de resíduos existentes (horizonte de projecto, capacidade de processamento e eficiência) e caracterização de instalações projectadas.
	Resultados	Custos, emissões gasosas e resíduos sólidos finais.
"Integrated Solid Waste Management" <sup>(8)</sup>	Objectivos	Identificar estratégias eficientes de gestão de resíduos que incorporam condições e objectivos de planeamento local.
	Resíduos processados	Domésticos e comerciais.
	Processos unitários	Recolha, transferência, separação, tratamento e deposição.
	Dados de entrada	Dados relativos à quantidade e composição dos resíduos que entram em cada um dos processos unitários, caracterização dos processos unitários, caracterização da recolha de resíduos (frequência, frota e capacidade dos veículos de recolha, número de trabalhadores afectos, número de habitações servidas), distâncias entre as instalações que processam resíduos.
	Resultados	Custos, consumo de energia e emissões gasosas.
"Landfill System with Gas Recovery and Aerobic Composting" <sup>(9)</sup>	Objectivos	Encontrar os menores custos para a gestão de resíduos domésticos sujeitos a processos distintos (aterro com recuperação de biogás ou digestão aeróbia).
	Resíduos processados	Domésticos.
	Processos unitários	Recolha, aterro e digestão aeróbia.
	Dados de entrada	Dados relacionados com a produção e recolha de resíduos, caracterização das operações consideradas (aterro e digestão aeróbia) e custos capitais e operacionais associados com a recolha, transporte, aterro e digestão aeróbia.
	Resultados	Comportamento e desempenho económico das duas metodologias para a gestão de resíduos (aterro com recuperação de biogás ou digestão aeróbia)
"Integrated Waste Management 2" <sup>(10)</sup>	Objectivos	Comparar diferentes cenários de gestão de resíduos.
	Resíduos processados	Domésticos e comerciais.
	Processos unitários	Reciclagem, tratamento biológico (compostagem e digestão anaeróbia), tratamento térmico (incineração com ou sem recuperação de energia, queima RDF - produção de combustíveis a partir dos resíduos) e aterro.
	Dados de entrada	Dados relacionados com os resíduos produzidos, caracterização da recolha de resíduos (sistemas colectivos ou individuais), dados relativos a várias opções de tratamento (condições de funcionamento e custos operacionais associados).
	Resultados	Impactes ambientais (emissões, efluentes, resíduos finais), consumos de energia e custos.

Fontes: (1) White *et al.* (1995); (2) Haastrup *et al.* (1997); (3) Berger *et al.* (1999) e Vaillancourt & Waaub (2001); (4) Dalemo *et al.* (1997); (5) Weitz *et al.* (1999); (6) Harrison *et al.* (2001); (7) Salvia *et al.* (2001); (8) Solano *et al.* (2002a) e Solano *et al.* (2002b); (9) Sudhakar (2003); (10) McDougall *et al.* (2001).

Pela análise dos objectivos dos modelos apresentados na tabela 2.3 é de realçar a especificidade do "ORWARE", do "MARKAL", bem como do "Landfill System with Gas Recovery and Aerobic Composting".

O primeiro foi desenvolvido com o objectivo da gestão de resíduos orgânicos, em Estocolmo. O modelo calcula os fluxos de materiais e poupança de energia de várias alternativas de gestão de resíduos orgânicos (Dalemo *et al.*, 1997).

Por seu turno o “MARKAL” foi desenvolvido para suportar a definição do plano de gestão de resíduos da região de Basilicata (Itália).

Por último modelos integrados “Landfill System with Gas Recovery and Aerobic Composting” foram desenvolvidos por Sudhakar (2003), para encontrar os custos mais apropriados para o tratamento de resíduos sólidos urbanos na Índia, usando duas metodologias distintas, sistema de aterro com recuperação de gás e compostagem aeróbica.

Pelas observação da tabela 2.3 verifica-se que são vários os tipos de resíduos considerados nos diferentes modelos.

Enquanto que nos modelos “MARKAL” e “Landfill System with Gas Recovery and Aerobic Composting” são considerados apenas os resíduos domésticos, nos modelos “Integrated Waste Management 1”, “Decision Support System”, “Integrated Solid Waste Management” e “Integrated Waste Management 2” são também considerados os resíduos comerciais. Ao modelo “Decision Support Tool” acrescem os resíduos institucionais.

Por seu turno, os componentes dos resíduos considerados no modelo “Life Cycle Management”, incluem os resíduos produzidos nas residências, comércio, instituições e sectores industriais, mas excluindo os resíduos do processo industrial, lamas, resíduos de construção e demolição, resíduos patológicos, resíduos agrícolas, resíduos de minas e resíduos perigosos (Weitz *et al.*, 1999).

O modelo “EUGÈNE” permite que nos dados de base sejam introduzidos as quantidades de resíduos industriais produzidos num determinado sistema, bem como as lamas provenientes de ETAR’s.

No que se refere às opções e fases de tratamento consideradas nos modelos “Integrated Waste Management 1” (IWM-1) e no seu precursor “Integrated Waste Management 2” (IWM-2), de acordo com White *et al.*, (1995) e McDougall *et al.*, (2001) são incluídas a recolha, separação, reciclagem de materiais, tratamento biológico, tratamento térmico e aterro. Sendo que no IWM-1 apenas se pode considerar exclusivamente um tipo de tratamento biológico, compostagem ou digestão anaeróbia, enquanto no IWM-2 os dois tipos podem ser considerados em simultâneo.

Para além da recolha e separação, os processos de gestão incluídos nos modelos “Decision Support System” e “Life Cycle Management” incluem reciclagem, compostagem, incineração e aterro (Haastrup *et al.*, 1997) (Weitz *et al.*, 1999).

Harrison *et al.* (2001) e Solano *et al.* (2002a), não detalham para os modelos “Decision Support Tool” e “Integrated Solid Waste Management”, todos os tratamentos considerados, referindo apenas que os processos unitários incluem a recolha e o transporte, separação, tratamento e deposição de resíduos.

A especificidade dos modelos “ORWARE” e “MARKAL” induz que estes modelos disponham de processos unitários distintos dos contemplados nos restantes modelos.

Pela análise da tabela 2.3 constata-se a existência de uma correlação entre os dados introduzidos para correr os vários modelos e os resultados obtidos.

Maioritariamente os dados de entrada estão relacionados com a caracterização dos resíduos produzidos, descrição da recolha e tratamentos a que estão sujeitos.

Os modelos na obtenção dos resultados relativos a emissões gasosas, efluentes e consumos energéticos recorrem a técnicas de avaliação de ciclo de vida.

Os resultados dos modelos IWM-1 e IWM-2 totalizam os consumos energéticos, emissões gasosas e efluentes, resíduos sólidos não segregados e custos (White *et al.*, 1995; McDougall *et al.*, 2001).

Os resultados do modelo desenvolvido por Haastrup *et al.* (1997), recaem sobre os impactes ambientais sobre os descritores ar, água, solo e biótopos, e uma análise de custos. Este modelo inclui quatro sub-modelos: os dados geográficos utilizados permitem construir um modelo de risco local e um modelo de risco de transporte, acresce o modelo de impacte ambiental, no qual se avaliam os descritores já referidos, e um modelo de custos no qual são avaliados quer os custos de investimento, quer os correntes. De realçar que os modelos IWM-1 e IWM-2 integram apenas custos correntes.

No que se refere a custos, o modelo “EUGÈNE” totaliza os custos do sistema de gestão de resíduos, que inclui os custos de operação, designadamente os encargos com os materiais gerados em cada local, actividade anual de cada instalação, os encargos da recolha de cada tipo de resíduos para os locais de processamento/confinamento e mercados (Berger *et al.*, 1999) (Vaillancourt & Waaub, 2001). São igualmente avaliados os impactes na água, solo, ar, ruído, cheiros, planeamento local, no tráfego, bem como na fauna e flora, saúde social e segurança, e na paisagem (Vaillancourt & Waaub, 2001).

Segundo Weitz *et al.* (1999) para todos os processos unitários incluídos no modelo “Life Cycle Management”, é realizada uma análise ambiental, de custos e de consumo energético. Os impactes ambientais avaliados reportam-se às emissões gasosas, descargas no meio hídrico e resíduos sólidos, tendo por base a avaliação de ciclo de vida.

Alguns dos resultados obtidos, no “Decision Support Tool” prendem-se com o consumo de energia, partículas, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de carbono derivado da biomassa e de combustíveis fósseis, e gases produtores do efeito de estufa (Harrison *et al.*, 2001).

Os resultados do modelo “Integrated Solid Waste Management”, incluem custos, energia e emissões ambientais. A metodologia baseada no ciclo de vida foi usada para calcular as emissões gasosas de uma série de poluentes (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partículas, gases produtores do efeito de estufa) e consumo de energia (Solano *et al.*, 2002a).

Ambos os modelos “Decision Support System” e “EUGÈNE” apresentam a potencialidade de identificar áreas susceptíveis para a localização de unidades de tratamento e de deposição de resíduos, pelo recurso a sistemas de informação geográfica. O segundo modelo permite igualmente avaliar a capacidade de adição nas instalações de processamento e de confinamento existentes (Haastrup *et al.*, 1997; Berger *et al.*, 1999; Vaillancourt & Waaub, 2001).

A optimização da modelação é uma ferramenta que permite segundo Harrison *et al.*, (2001) uma busca interactiva da melhor alternativa para a estratégia de gestão de resíduos sólidos e consequentemente obter vantagens no planeamento de resíduos. Harrison *et al.*, (2001) referem ainda que é a partir desta ferramenta que se estabelece interacção entre o utilizador e o modelo.

A optimização encontra-se disponível nos modelos “Life Cycle Management”, “Decision Support Tool” e “Integrated Solid Waste Management”, e pode ser alcançada por um conjunto de parâmetros optimizáveis, tais como custos, parâmetros ambientais ou consumo de energia, ou serem introduzidas restrições nos mesmos para atingir determinados objectivos, ou até mesmo considerar diferentes taxas de desvio como restrições, para apropriadamente limitar a massa de resíduos que entra no aterro (Weitz *et al.*, 1999; Harrison *et al.*, 2001; Solano *et al.*, 2002b).

Os modelos “Decision Support System” e “EUGÈNE” dispõem de uma função que permite uma análise multi-critérios (Haastrup *et al.*, 1997; Berger *et al.*, 1999).

Esta função para além de permitir conhecer as posições dos diferentes grupos de interesse com intervenção na gestão de resíduos de determinado sistema, e consequentemente permitir esbater os conflitos, atribui um valor à avaliação qualitativa realizada pelos grupos de interesse relativamente aos diferentes critérios (Haastrup *et al.*, 1997; Berger *et al.*, 1999).

Para terminar a análise comparativa de vários modelos de gestão de resíduos importa referir que de entre os modelos apresentados apenas o “EUGÈNE” e o “MARKAL” são dinâmicos, possibilitando uma análise a longo termo dos vários cenários estabelecidos, por um período de três ou cinco anos no primeiro e de cinco anos no segundo (Salvia *et al.*, 2001; Berger *et al.*, 1999).

#### 2.4.2. Modelo aplicado no caso de estudo: “Integrated Waste Management 2”

Em § 2.4.2 é analisado e descrito o modelo IWM-2 utilizado para avaliar e otimizar a gestão de resíduos na área de estudo.

Para permitir uma melhor visualização do modelo, são igualmente apresentados e analisadas as grelhas que o compõem. A apresentação das grelhas é acompanhada de uma exposição das principais funções e opções que permitem criar um cenário, correr o modelo e obter as cargas do sistema.

Antes de entrar na descrição propriamente dita do modelo utilizado no actual estudo, há que apresentar as razões da escolha do mesmo para avaliar os cenários, nos quais são consideradas diferentes opções de processamento e de tratamento de resíduos industriais banais geridos na área de estudo.

De entre os modelos apresentados anteriormente (§ 2.4.1), apenas o cd de instalação do modelo IWM-2 se encontra disponível no mercado. O segundo factor deve-se à equiparação da composição dos resíduos industriais banais aos resíduos contemplados no modelo em questão.

Por outro lado nas corridas iniciais para testar o modelo, este revelou capacidade para que fossem atingidos os objectivos propostos no presente estudo, pela comparação de diferentes cenários com diferentes opções de tratamento ao nível de vários descritores.

Finalmente o último factor que contribuiu para escolha do modelo, deve-se ao facto deste permitir a identificação dos pontos de maior sensibilidade, neste caso as opções de tratamentos assumidas e os seus efeitos nos próprios descritores económicos e ambientais.

### Descrição e análise do modelo IWM2

O modelo aplicado no presente caso de estudo tem a designação de “Integrated Waste Management 2” (IWM-2) foi desenvolvido por McDougall *et al.* (2001), é um modelo estático e que foi antecedido do modelo IWM-1 desenvolvido por White *et al.* (1995).

O modelo em causa constitui uma ferramenta flexível e genérica que pode ser aplicada a qualquer sistema de gestão de resíduos urbanos para estabelecer o desempenho ambiental global do mesmo (McDougall *et al.*, 2001).

As grandes alterações introduzidas no IWM-2, comparativamente com o IWM-1, e que segundo McDougall *et al.* (2001) permitiram uma melhor funcionalidade do mesmo, devem-se aos seguintes aspectos:

- o modelo, com uma apresentação com muitas semelhanças ao software Windows, facilita a interface de utilização;
- a inclusão de um sistema de ajuda e glossário no próprio modelo;
- a secção de recolha de resíduos é mais flexível;
- o utilizador pode seleccionar ambos os tratamentos biológicos (compostagem e digestão anaeróbica);
- os resultados dos cenários considerados podem ser comparados e apresentados graficamente; estes resultados são igualmente apresentados em tabela, e não em listagem. O modelo permite comparar de cada vez um máximo de oito cenários

Os principais objectivos do modelo IWM – 2 dizem respeito quer à previsão das cargas ambientais e os custos económicos de um sistema integrado de gestão de resíduos, tendo por base as emissões guia “Environment & Plastics Industry Council”, “Corporations Supporting Recycling”, “Integrated Waste Management Tools”, e “User Guidance Document – September 1998” (McDougall *et al.*, 2001),

quer ao estabelecimento e optimização de diversos cenários reais ou hipotéticos, no âmbito da gestão de resíduos domésticos, comerciais.

No modelo IWM-2, os dados do fluxo entrada de resíduos, dizem respeito ao resíduos produzidos durante um ano, numa certa região, sendo esta a sua unidade funcional.

Tem como suporte uma abordagem holística, a qual reconhece que todas as opções podem ter um papel a desempenhar na gestão integrada de resíduos, são consideradas como opções e fases de tratamento: a recolha de resíduos, a separação e a reciclagem de materiais, tratamento biológico, tratamento térmico e aterro (McDougall *et al.*, 2001).

A técnica de inventário de ciclo de vida (LCI), é aplicada ao modelo, sendo que o fluxo de resíduos é seguido ao longo do seu ciclo de vida. Cada uma das etapas no ciclo de vida é representada no modelo por uma janela contendo questões de entrada (McDougall *et al.*, 2001).

A primeira janela do modelo define o fluxo de entrada, a quantidade e composição dos resíduos que entram no sistema de gestão de resíduos a partir de fontes domésticas e comerciais. Seguindo-se a recolha, triagem, tratamentos biológico e térmico, aterro e finalmente a reciclagem. Em determinados janelas, caso o utilizador não disponha de dados o modelo introduz automaticamente, esses valores em falta, os quais segundo McDougall *et al.* (2001) são baseados no modelo UCPTE 1994.

Um dado importante requerido no modelo prende-se com a descrição do sistema de produção de electricidade utilizado (carvão, petróleo, gás natural, hidro-eléctrica e nuclear), sendo que cada um destes sistemas de produção de energia tem associado uma significativa e distinta série de cargas ambientais (McDougall *et al.*, 2001).

O modelo, em termos de resultados, totaliza o consumo e produção de energia, custos, emissões gasosas, efluentes, e resíduos sólidos não segregados, para todas as fases e opções de tratamento consideradas no mesmo.

Na figura 2.1 são apresentados os limites do sistema considerado no modelo IWM-2, bem como as suas entradas e saídas

Quer o inventário de ciclo de vida quer a avaliação económica estão incluídas no modelo de computador que opera na versão Windows 95 ou em versões posteriores.

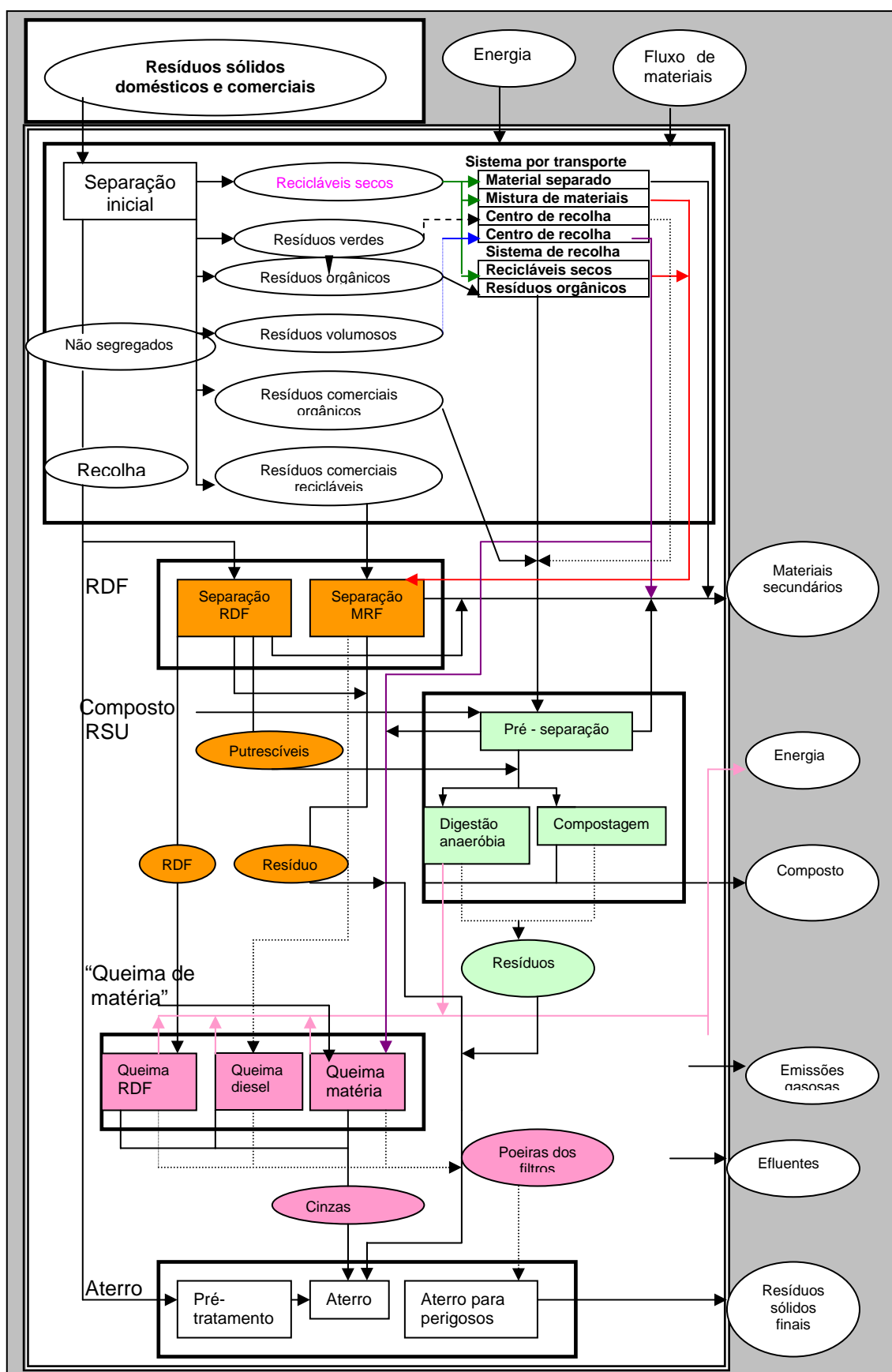


Figura 2.1 - Limites do sistema, entradas e saídas do modelo IWM2 (adaptado de McDougall et al. 2001)



Para terminar a análise do modelo descrevem-se várias oportunidades de melhoria ou lacunas identificadas com base na descrição efectuada por McDougall *et al.* (2001).

Uma das quais deve-se ao facto de muitas vezes os utilizadores do modelo não disporem de dados específicos de todas as componentes do ciclo de vida e serem utilizados dados genéricos, disponibilizados pelo modelo, e consequentemente o inventário não ser 100% preciso.

Uma outra prende-se com as cargas de segundo nível não estarem incluídas no modelo, segundo McDougall *et al.* (2001), estas estão associadas com a construção das instalações de gestão de resíduos e equipamentos, ou seja, os custos de investimento não são contemplados no IWM-2. A análise económica desenvolvida no IWM-2 tem por base os custos de processamento e os custos associados ao transporte de resíduos, desde o seu local de produção até às várias opções e processos de tratamento.

Por outro lado, os impactes associados com a lavagem dos materiais recicláveis secos (como as embalagens de vidro, de plástico e de metal) são considerados fora dos limites do sistema. McDougall *et al.* (2001), assume este pressuposto devido à dificuldade de garantir dados adequados para modelar esta actividade.

Os processos de reciclagem estão incluídos dentro dos limites do LCI abordado no modelo, no entanto o processamento dos materiais em produtos reciclados está fora dos limites do sistema considerado.

Embora o utilizador possa seleccionar ambos os tratamentos biológicos, compostagem e digestão anaeróbica, não se podem colocar as respectivas instalações a funcionar em série, mas unicamente em paralelo.

Uma outra limitação detectada está relacionada com o debate público, dado que na comparação de cenários não é possível incorporar apreciações dos principais intervenientes no processo de decisão. Se bem que não se possa esperar a eliminação destes conflitos, o seu melhor conhecimento decerto iria contribuir para encontrar uma melhor solução de compromisso.

### Apresentação das grelhas do IWM-2

O modelo de LCI é apresentado com muitas semelhanças ao software Windows, como demonstram as várias grelhas que se apresentam seguidamente.

A utilização do modelo passa pela criação de cenários que incluem os seguintes opções de tratamento e processos unitários: Entradas de resíduos, Recolha de resíduos, Triagem de resíduos para instalação de recuperação de materiais ou para produção de combustível derivado dos resíduos, Tratamentos biológicos, Tratamentos térmicos, Deposição em aterro e finalmente Reciclagem.

Antes do modelo correr é necessário caracterizar o mais correctamente possível a quantidade e características dos resíduos produzidos no sistema considerado bem como a recolha realizada.

De entre as opções de tratamento apresentadas anteriormente, os cenários modelados podem não incluir a sua totalidade, sendo que o utilizador pode seleccionar as que descrevem os cenários estabelecidos e que permitem alcançar as optimizações desejadas.

Como é o óbvio o processo aterro está presente em todos os cenários.

Previamente o modelo começa por apresentar uma pequena grelha composta por cinco opções, pela seguinte ordem:

- Seleccionar um cenário para abrir;
- Criar um novo cenário;
- Configurar;
- Ir para o menu;
- Introdução ao IWM-2.

A **primeira opção** (Seleccionar um cenário para abrir) permite aceder à listagem de cenários guardados, o que permite ao utilizador seleccionar o pretendido.

Na **segunda opção** (Criar um novo cenário) é possível criar novos cenários. Ao seleccionar esta opção, o modelo cria duas entradas possíveis: criar um cenário em branco ou usar um cenário existente.

Na primeira entrada é aberta uma nova versão do modelo que contém apenas dados em falta para certas opções de gestão de resíduos. O utilizador pode substituir a totalidade de dados em falta. Na entrada usar um cenário existente, o modelo permite ao utilizador seleccionar um cenário existente e usá-lo como base para o desenvolvimento do novo cenário.

O símbolo da unidade monetária pode ser alterada na **terceira opção** (Configurar).

Na **quarta opção** (Ir para o menu) é possível aceder aos menus de (i) Cenário, (ii) Utilidades e (iii) Ajuda.

O menu (i) Cenário oferece cinco escolhas: Novo, Abrir, Reverter, Apagar e Sair. Estas opções permitem, respectivamente, criar um novo cenário, aceder a um cenário guardado, permite aceder à última versão guardada do cenário que está a ser modelado, apagar um cenário existente e sair do IWM-2.

O menu (ii) Utilidades permite três escolhas. A primeira escolha (Configurar) permite ao utilizador modificar o símbolo da unidade monetária. Comparar cenários, a segunda opção, permite comparar um máximo de oito cenários e apresentar os resultados graficamente. A última opção, O que foi alterado?, fornece ao utilizador uma comparação do fluxo de massa entre o cenário que está a ser modelado e a última versão guardada do mesmo.

Por fim o menu (iii) Ajuda permite o acesso a Conteúdo de ajudas, Glossário de termos e a uma lista de Factores de conversão.

A **última opção** (Introdução ao IWM-2) da primeira grelha, oferece uma breve descrição do modelo, o conceito e princípios do IWM-2 e um sumário da tecnologia utilizada na gestão de resíduos.

Quando se entra propriamente no modelo, quer pela criação de um cenário novo quer acedendo a um existente, o modelo abre uma grelha intitulada **Grelha principal do IWM-2**.

No topo desta grelha encontram-se dispostos horizontalmente os seguintes botões:

Guardar - permite guardar o cenário;

Fluxos- apresenta uma listagem completa dos resíduos originados em cada etapa ou processo unitário do modelo;

Fluxo de resíduos- apresenta um diagrama esquemático simples que descreve o fluxo de materiais no cenário que está a ser modelado;

Resultados- oferece uma listagem (em tabelas) das cargas ambientais globais e dos custos económicos do cenário;

Avançadas - permite ao utilizador alterar no modelo as variáveis avançadas. No anexo A são apresentadas as grelhas do modelo IWM-2 relativos a estas variáveis;

Notas - onde o utilizador pode adicionar texto descrevendo o cenário e considerações efectuadas, entre outros apontamentos.

Na grelha **Grelha principal do IWM-2** por baixo dos botões descritos anteriormente encontram-se dispostas verticalmente as secções que compõem o modelo: Entradas de resíduos, Recolha de resíduos, Triagem de resíduos para instalação de recuperação de materiais ou para produção de combustível derivado dos resíduos, Tratamentos biológicos, Tratamentos térmicos, Deposição em aterro e finalmente Reciclagem. O modelo indica, por meio de uma seta, a secção por onde se deve iniciar a criação do cenário.

A passagem de uma secção para a seguinte é feita seleccionando o botão Próximo, apresentado na parte inferior da grelha. Pelo contrário, o retrocesso na secção é conseguido seleccionando o botão Voltar.

Para uma maior complementaridade entre a apresentação do modelo e os vários cenários explorados no estudo, apenas se descrevem com detalhe as secções que correspondem a opções unitárias e de tratamento equacionadas nos cenários.

Embora se assuma nos diferentes cenários estabelecidos, como se descreve em §4.2.1, que os resíduos industriais se equiparam a resíduos comerciais, e consequentemente não se utilizarem todas as grelhas que compõem as secções Entradas de resíduos e Recolha de resíduos, entendeu-se descrever ambas na íntegra.

Por um lado, por estas contemplarem a caracterização do sistema e serem fundamentais para a fiável obtenção de resultados, por outro, por permitirem uma melhor justificação da consideração assumida (equiparação de resíduos industriais banais a resíduos comerciais).

Como se pode constatar a seguir, na descrição das várias grelhas do modelo, optou-se por apresentar todas as janelas (campos onde o utilizador insere ou o modelo calcula e apresenta dados) conforme o modelo para facilitar a melhor identificação das janelas em análise.

Todas as janelas apresentadas com o fundo em cinza referem-se a dados calculados e apresentados pelo modelo.

## - Entradas de resíduos

A secção Entradas de resíduos é composta por cinco grelhas: Área do sistema, Resíduos domésticos recolhidos, Resíduos domésticos entregues, Resíduos comerciais recolhidos e Sumário de entrada.

A primeira grelha Área do sistema define a quantidade e composição dos resíduos que entram no sistema de gestão de resíduos (figura 2.2)

System Area	Collected Household Waste	Delivered Household Waste	Collected Commercial Waste	Input Summary
<b>System Area Definition:</b>				
Population <input type="text" value="1"/>				
Average number of persons per household <input type="text" value="1.0"/>				
Number of households served <input type="text" value="1"/>				
<b>Residents' Vehicle Distribution:</b>				
Petrol (%) <input type="text" value="90.0"/>				
Diesel (%) <input type="text" value="10.0"/>				

Streams Results Advanced << Back Main Next >> Print Glossary Help

**Figura 2.2 – Grelha Área do sistema (Entradas de resíduos)**

O utilizador introduz a população servida e o número médio de pessoas por habitação, enquanto que o modelo introduz automaticamente o número de habitações servidas.

Esta grelha permite ainda caracterizar a distribuição dos veículos dos residentes em gasolina e gasóleo. O utilizador introduz a percentagem correspondente à gasolina e automaticamente o modelo apresenta a relativa aos veículos a gasóleo (a soma das percentagens é igual a 100). Por defeito o modelo apresenta os valores de 90% e 10% para os veículos a gasolina e gasóleo, respectivamente.

A distribuição dos veículos a gasolina e gasóleo permite, na secção Recolha de resíduos, o cálculo das emissões gasosas originadas pelo combustível usado no transporte de resíduos (McDougall *et al.*, 2001).

A grelha Resíduos domésticos recolhidos , figura 2.3, permite definir a quantidade e composição dos resíduos domésticos originados na Área do sistema.

**Figura 2.3 – Grelha Resíduos domésticos recolhidos (Entradas de resíduos)**

O utilizador tem que introduzir a quantidade de resíduos gerados (kg/pessoa/ano) e a composição (% em peso) dos mesmos. O total da composição deve ser 100% e neste caso a janela apresenta o fundo verde, caso contrário apresenta-se vermelha e o utilizador tem que rectificar a composição até ser atingido o valor requerido (100%). Caso o utilizador não disponha dos valores relativos à composição deve carregar no botão Seleccionar país e escolher o país pretendido.

Uma nota abaixo da composição dos resíduos relembra ao utilizador que deve aceder ao botão das Avançadas (apresentado na grelha Grelha principal do IWM-2) para seleccionar a grelha de energia a considerar no cenário.

McDougall *et al.* (2001) consideram um importante requisito do modelo, a descrição da produção de electricidade na área do sistema (carvão, petróleo, gás natural, nuclear e hidroeléctrica), sendo que cada um destes métodos produz distintos impactes ambientais.

Por fim apresentam-se as janelas referentes à composição detalhada do metal em ferroso e não ferroso, e do plástico em filme e rígido. Caso o utilizador não disponha dos dados o modelo automaticamente apresenta para o metal ferroso 90% e não ferroso 10%, e para o filme e plástico 50% em ambos.

Segue-se a grelha Resíduos domésticos entregues, figura 2.4, que detalha a quantidade e composição dos resíduos domésticos entregues num centro de recolha (Ecocentro).

System Area	Collected Household Waste	Delivered Household Waste	Collected Commercial Waste	Input Summary		
<b>Bulky Waste Delivered:</b>						
	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Other
Amounts delivered (kg/household/year)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Garden Waste Delivered:</b>						
Amount delivered (kg/household/year)	0.0					
<input type="button" value="Streams"/> <input type="button" value="Results"/> <input type="button" value="Advanced"/> <input type="button" value=" &lt;&lt; Back"/> <input type="button" value="Main"/> <input type="button" value="Next &gt;&gt;"/> <input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Glossary"/> <input type="button" value="Help"/>						

**Figura 2.4 – Grelha Resíduos domésticos entregues (Entradas de resíduos)**

Por uma questão de simplicidade o modelo distingue-os em resíduos volumosos e resíduos de jardim.

A quantidade de resíduos de jardim (kg/habitação/ano) inserida é convertida no total de resíduos orgânicos recolhidos na área por ano, os quais são adicionados ao fluxo considerado no tratamento biológico (McDougall *et al.*, 2001).

A grelha Resíduos comerciais recolhidos é muito semelhante à Resíduos domésticos recolhidos, como demonstra a figura seguinte. Apenas não permite utilizar dados definidos no modelo para a composição dos resíduos e seleccionar a grelha de energia para o cenário. A selecção da grelha de energia é previamente definida em Resíduos domésticos recolhidos.

System Area	Collected Household Waste	Delivered Household Waste	Collected Commercial Waste	Input Summary					
<b>Commercial Waste Generation And Composition:</b>									
Amount generated (tonnes/year)	0								
	Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles	Organics	Other	Total	
Composition (% by weight)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	
<b>Detailed Metal Composition:</b>					<b>Detailed Plastic Composition:</b>				
(% by weight)	Ferrous	90.0	Non ferrous	10.0	(% by weight)	Film	40.0	Rigid	60.0
<input type="button" value="Streams"/> <input type="button" value="Results"/> <input type="button" value="Advanced"/> <input type="button" value=" &lt;&lt; Back"/> <input type="button" value="Main"/> <input type="button" value="Next &gt;&gt;"/> <input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Glossary"/> <input type="button" value="Help"/>									

**Figura 2.5 – Grelha Resíduos comerciais recolhidos(Entradas de resíduos)**

Nas janelas referentes à composição detalhada do metal e do plástico, o modelo por defeito introduz automaticamente, caso o utilizador não disponha de dados, para o metal ferroso 90% e não ferroso 10%, e para o filme 40% e plástico rígido 60%.

A grelha Sumário de entrada calcula e apresenta o total de resíduos, em toneladas, que entram no sistema considerado e no cenário em que se está a trabalhar, por fluxo de resíduos (figura 2.6).

System Area   Collected Household Waste   Delivered Household Waste   Collected Commercial Waste   <b>Input Summary</b>										
Total Waste Input For This Scenario:										
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Total
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Streams	Results	Advanced	<< Back	Main	Next >>	Print	Glossary	Help
---------	---------	----------	---------	------	---------	-------	----------	------

**Figura 2.6 – Sumário de entrada (Entradas de resíduos)**

## - Recolha de resíduos

Esta secção dispõe de cinco grelhas: Área do sistema, Resíduos domésticos recolhidos, Resíduos domésticos entregues, Resíduos comerciais recolhidos e Sumário. Existe uma complementaridade entre esta secção e a anterior, sendo que, se os dados inseridos na produção de resíduos não incluírem resíduos de jardim ou comerciais, as grelhas referentes ao seu sistema de recolha não são apresentadas.

Na primeira grelha Área do sistema os dados definem o número e o tipo (não acima de quatro) de sistemas de recolha usados para os resíduos domésticos dentro do sistema considerado (figura 2.7).

System Area   Collected Household Waste   Delivered Household Waste   Collected Commercial Waste   <b>Summary</b>									
IWM-2 allows you to model up to 4 Kerbside Collection Systems and up to 4 Material Bank Collection Systems within the system area. These systems are used to collect the waste specified in the Collected Household Waste section of the Waste Inputs screen									
Each household in the system area may be served by one Kerbside Collection System only, one Material Bank Collection System only or by one of each.									
IWM-2 will not allow the total amount of waste allocated to the collection systems to be greater than the total waste generated, as defined in the Waste Inputs screen									
Kerbside Collection Systems:					Material Bank Collection Systems:				
Households Served					Households Served				
	%	Number			%	Number			
#1	0.0	0		#1	0.0	0			
#2	0.0	0		#2	0.0	0			
#3	0.0	0		#3	0.0	0			
#4	0.0	0		#4	0.0	0			
K.C.S. Total		0.0		M.B.C.S. Total		0.0		0	
Total number of households in system area <input type="text" value="1"/>									
For more information on how to define your collection systems, click this button >> <input type="button" value="Help"/>									

Streams	Results	Advanced	<< Back	Main	Next >>	Print	Glossary	Help
---------	---------	----------	---------	------	---------	-------	----------	------

**Figura 2.7 – Área do sistema (Recolha de resíduos)**

O modelo distingue dois tipos de recolha: individual, designada por recolha porta-a-porta, e colectiva.

O utilizador deve especificar a percentagem de habitações servidas por recolha porta a porta ou recolha colectiva. O modelo automaticamente apresenta o número de habitações servidas em cada um dos tipos de recolha, bem como o número total de habitações consideradas no sistema de gestão de resíduos.

Individualmente nem a recolha porta a porta nem a recolha colectiva podem servir mais do que o número de habitações definidas no sistema, tal como apresentado na secção Entradas de resíduos. O modelo também não permite recolher maior quantidade de resíduos que a produzida. A produção de resíduos é definida na secção Entradas de resíduos (McDougall *et al.*, 2001).

A soma das percentagens de recolha individual e colectiva deve ser igual a 100.

A grelha Resíduos domésticos recolhidos calcula e apresenta a quantidade total de cada material que está disponível, conforme janelas Material disponível (kg/habitação/ano): Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Orgânicos, Total. O modelo mostra os sistemas de recolha porta a porta (KCS) e colectiva (MBCS), em número idêntico ao especificado na grelha anterior (Área do sistema), daí a grelha em análise ser dividida em sub-grelhas KCS e MBCS (figuras 2.8 e 2.9).

System Area		Collected Household Waste		Collected Commercial Waste		Summary					
		Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Total	
Material available (kg/household/year)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
K.C.S. #1		M.B.C.S. #1									
Dry Recyclables:											
		Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total		
Material collected (kg/household/year)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Kerbside sort?		No		Organic contamination (%)		2.5					
				Other contamination (%)		2.5					
				MRF input lost as residue (%)		30.0					
Biowaste Bins/Bags:											
		Paper	Organics								
Material collected (kg/household/year)		0.0	0.0								
Collection Vehicles:											
Total diesel fuel consumption including transport on to MRF, RDF plant, biological treatment plant, incinerator or transfer station/landfill site (litres/year)											
										0	
Cost:											
Total cost of this kerbside collection system (£/year)										0	
Streams		Results		Advanced		<< Back		Main		Next >>	
Print		Glossary		Help							

**Figura 2.8 – Resíduos domésticos recolhidos - KCS (Recolha de resíduos)**



System Area	Collected Household Waste	Delivered Household Waste	Collected Commercial Waste	Summary						
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Total	
Material available (kg/household/year)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
K.C.S. #1	M.B.C.S. #1									
Residents' Transport to Material Bank Sites:										
Average number of special trips to site (household/year)			0		Average car journey length (km each way)					0
Amounts Collected In Single Material Containers:										
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics		
Material collected (kg/household/year)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Market prices for material sold (£/tonne)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Average diesel consumption for transport to bulking depot or reprocessing plant (litres/tonne collected)									0.0	
Amounts Collected In Mixed Material Containers:										
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total		
Material collected (kg/household/year)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Average diesel consumption for transport to bulking depot or MRF (litres/tonne collected)									0.0	
Average collection and transport cost (£/tonne collected)									0.00	
Streams	Results	Advanced	<< Back	Main	Next >>	Print	Glossary	Help		

**Figura 2.9 – Resíduos domésticos recolhidos - MBCS (Recolha de resíduos)**

Relativamente à grelha Resíduos domésticos recolhidos – KCS (figura 2.8), a quantidade de cada material recolhido como Recicláveis secos deve ser inserido em kg/habituação/ano. O modelo automaticamente apresenta a quantidade total na janela cinzenta.

Seguidamente o modelo apresenta a seguinte questão “Separação porta a porta?”. Caso não ocorra, ou seja não existe separação na recolha porta a porta, o modelo automaticamente assume uma taxa de contaminação por resíduos orgânicos de 2.5%. Igual valor é assumido para uma taxa que contempla outras contaminações. O modelo também assume que do total de Recicláveis secos que entram na unidade de triagem (MRF) 30% são perdidos como resíduos.

Estas três taxas de contaminação, Taxa de contaminação orgânica em recicláveis secos, Taxas de contaminação noutros materiais em recicláveis secos e Quantidade de recicláveis secos perdidos como resíduo na triagem, que podem ser alteradas carregando no botão Avançadas, a seguir no botão Recolha de resíduos e por fim em KCS.

Se por outro lado a opção for sim em Separação porta a porta, o modelo automaticamente assume taxas de contaminação de 0% para os resíduos orgânicos, assim como para outras contaminações, e na triagem apenas é considerada uma taxa de contaminação de 8% para recicláveis secos. Estas taxas podem ser igualmente modificadas, carregando no botão Avançadas, a seguir no botão Recolha de resíduos e por fim em KCS.

Se os resíduos orgânicos forem separados, a quantidade de material orgânico e papel (caso o papel seja incluído na definição de resíduos orgânicos) recolhidos devem ser introduzidos na janela Contentores/sacos para resíduos orgânicos: Material recolhido(kg/habituação/ano).

O modelo assume nos resíduos orgânicos, uma taxa de contaminação de 5% de plástico. Esta taxa pode ser alterada, carregando no botão Avançadas, a seguir no botão Recolha de resíduos e por fim em KCS.

O consumo total de combustível (litros/ano) pelos veículos de recolha incluindo o transporte para os subsequentes processos unitários deve ser introduzido na janela Veículos de recolha: consumo total de gasóleo incluindo transporte para instalação de recuperação de materiais (MRF) ou para produção de combustível a partir dos resíduos (RDF), instalação de tratamento biológico, incineradora ou local de transferência /aterro (litros/ano).

Finalmente a grelha apresenta uma janela Custo: Custo total deste sistema de recolha porta a porta (€/ano). Este valor diz respeito ao sistema KCS que está a ser modelado e não deve abranger qualquer custo com a triagem ou outros tratamentos.

A grelha Resíduos domésticos recolhidos – MBCS (figura 2.9) de acordo com McDougall *et al.* (2001) refere-se a sistemas de recolha nos quais as pessoas transportam os seus resíduos (separados ou não), até ecopontos ou outros contentores colectivos.

Por outras palavras, MBCS referem-se a sistemas colectivos de recolha.

As primeiras janelas que aparecem nesta grelha referem-se a Transporte dos residentes aos centros de recolha que se divide em Número médio de viagens específicas ao local (habitação/ano) e em Distância média percorrida (quilómetros em cada sentido). O número de viagens e a distância média permite calcular o consumo de combustível (gasolina e/ou gasóleo). Este valor é adicionado pelo modelo ao fluxo de combustível.

Seguidamente a grelha apresenta Quantidades recolhidas em contentores separativos, na qual se deve indicar o material recolhido em kg/habitação/ano nos diferentes fluxos considerados (Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Orgânicos).

McDougall *et al.* (2001) referem que os materiais referidos em Quantidades recolhidas em contentores separativos são enviados directamente para processamento, sem necessitarem da fase de triagem. A quantidade de material orgânico indicada é adicionada ao fluxo para o tratamento biológico.

Para os materiais Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Orgânicos deve ser apresentado preço de mercado para a sua venda em €/tonelada, como indicado nas janelas referentes a Preço de mercado para o material vendido. Apenas para o material biológico não é requerido o preço de mercado, uma vez que a sua colocação no mercado é antecedida de tratamento.

O consumo médio de combustível por tonelada de material recolhido para centro de recolha ou unidade de processamento, deve ser em litros por tonelada recolhida. McDougall *et al.* (2001) referem que o modelo adiciona directamente este valor ao fluxo de combustível.

Posteriormente a grelha apresenta Quantidades recolhidas em contentores para resíduos indiferenciados, na qual se deve indicar o material recolhido em kg/habitação/ano nos diferentes fluxos considerados (Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis). Os materiais indicados nesta janela correspondem a resíduos indiferenciados e de acordo com McDougall *et al.* (2001) necessitam de uma prévia separação, por isso são encaminhados para triagem.

Segue-se a janela relativa a consumo médio de combustível no transporte, desde o local de entrega dos resíduos até um centro de recolha, estação de transferência ou unidade de triagem, em litros por tonelada recolhida.

O modelo permite ainda introduzir o custo médio da recolha e transporte dos resíduos em €/tonelada recolhida.

A grelha Resíduos domésticos entregues define os materiais que são entregues em centros de recolha para resíduos volumosos e de jardim (Figura 2.10).

**Figura 2.10 – Resíduos domésticos entregues (Recolha de resíduos)**

Esta grelha começa por apresentar as janelas relativas a Transporte dos residentes para o centro de recolha em Número médio de viagens específicas para o local (habitação/ano), e em Distância média percorrida (quilómetros em cada sentido). O número de viagens e a distância média permite calcular o consumo de combustível (gasolina e/ou gasóleo). Este valor é adicionado ao fluxo de combustível.

Para os resíduos volumosos entregues o modelo permite especificar a percentagem de recuperação para cada um dos materiais. A introdução destas percentagens ocorre nas janelas Resíduos volumosos entregues: Recuperação de materiais (como percentagem do material entregue): Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Outros. Segundo McDougall *et al.* (2001) a quantidade

destes fluxos é subtraída do total indicado na secção Entradas de resíduos e adicionado ao fluxo de produtos.

A seguir são introduzidos os preços de mercado obtidos da venda de materiais recuperados, a partir dos resíduos volumosos.

Os resíduos volumosos remanescentes que são adicionados ao fluxo de resíduos encaminhados para aterro ou tratamentos térmicos são introduzidos na janela apresentada a seguir.

A seguir o modelo apresenta a janela Distância de transporte (quilómetros em cada sentido), que se relaciona directamente com as opções consideradas (na janela anterior) para os resíduos volumosos remanescentes.

Segue-se a janela Consumo médio do combustível no transporte para o centro de recolha de volumosos ou para a instalação de reprocessamento (litros por tonelada recolhida).

Terminada a caracterização da recolha dos resíduos volumosos, inicia-se a relativa aos resíduos de jardim.

O modelo começa por permitir que seja introduzida a distância até ao tratamento biológico, à qual se refere a janela Resíduos de jardim entregues: Distância do transporte para instalação de tratamento biológico (quilómetros em cada sentido).

O modelo na distância do transporte para a instalação de tratamento biológico assume no cálculo do consumo global de combustível, que o veículo pesado carrega 20 toneladas e no regresso não transporta carga. Igual consideração é assumida se o transporte for efectuado para tratamento térmico ou aterro (McDougall *et al.*, 2001).

Este valor pode ser alterado em Avançadas e no botão Combustíveis e electricidade.

Finalmente podem ser introduzidos na janela Custo (€/tonelada manuseada), o custo despendido no transporte desde o centro de recolha até às instalações de tratamento. Este valor não deve incluir as receitas provenientes da venda de material.

A grelha Resíduos comerciais recolhidos, figura 2.11, define um sistema de recolha adicional para os resíduos comerciais que não são recolhidos em conjunto com os resíduos domésticos.

System Area	Collected Household Waste	Delivered Household Waste	Collected Commercial Waste	Summary				
Dry Recyclable Fractions Collected:								
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-ferrous metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total
Material available (tonnes/year)	0	0	0	0	0	0	0	0
Material collected (tonnes/year)	0	0	0	0	0	0	0	0
Average distance to MRF (km each way)								0
Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)*								0.00
Biowaste Fractions Collected:								
	Paper	Organics						
Material available (tonnes/year)	0	0						
Material collected (tonnes/year)	0	0						
Average distance to biological treatment (km each way)								0
Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)*								0.00
Restwaste:								
Total diesel fuel consumption including transport on to RDF, incinerator, transfer station or landfill (litres/year)								0
Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)*								0.00
* Assume collection costs borne by commercial waste generator								
Streams	Results	Advanced	<< Back	Main	Next >>	Print	Glossary	Help

**Figura 2.11 – Resíduos comerciais recolhidos (Recolha de resíduos)**

O modelo calcula e apresenta as quantidades de materiais disponíveis em toneladas, as quais são mostradas nas janelas referentes a Fracções de recicláveis secos recolhidas: Material disponível (toneladas/ano) Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Total.

Pelo contrário as quantidades recolhidas das diferentes fracções de resíduos necessitam de ser introduzidas pelo utilizador nas janelas Material recolhido (toneladas/ano) Papel, Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Total. Estas quantidades são posteriormente adicionadas à entrada de materiais para triagem.

Os resíduos produzidos no comércio encontram-se menos misturados que os domésticos, desta forma e referindo McDougall *et al.* (2001) nenhuma taxa de contaminação é adicionada aos fluxos neste ponto. No entanto o modelo considera que na triagem 8% dos materiais recicláveis secos são perdidos (taxa de contaminação). Este dado pode ser modificado acedendo sequencialmente aos seguintes botões Avançadas, Recolha de resíduos e Comercial.

Para terminar a caracterização Fracções de recicláveis secos recolhidas, o modelo mostra duas janelas, Distância média para triagem (quilómetros em cada sentido) e Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (£/tonelada). A primeira permite calcular o respectivo consumo de combustível, assumindo como já referido uma carga de 20 toneladas num veículo pesado. Na segunda janela deve ser introduzido o custo assumido pelo produtor de resíduos comerciais na recolha.

À semelhança de Fracções de recicláveis secos recolhidas em Fracções orgânicas recolhidas, modelo calcula e apresenta as quantidades de materiais disponíveis em toneladas, as quais são mostradas nas janelas referentes a Material disponível (toneladas/ano): Papel, Orgânicos.

As quantidades recolhidas têm de ser introduzidas pelo utilizador nas janelas Material recolhido (toneladas/ano) Papel, Orgânicos. Estas quantidades são posteriormente adicionadas à entrada de materiais para tratamento biológico.

Para terminar a caracterização Fracções orgânicas recolhidas, o modelo mostra duas janelas: Distância média para unidade de tratamento biológico (quilómetros em cada sentido) e Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos(€/tonelada). A primeira permite calcular o respectivo consumo de combustível, assumindo como já referido uma carga de 20 toneladas num veículo pesado. Na segunda janela deve ser introduzido o custo assumido pelo produtor de resíduos comerciais na sua recolha.

Para os resíduos comerciais remanescentes são apresentadas duas janelas, Consumo total de combustível para unidade de produção de combustível a partir dos resíduos (RDF), incineradora, estação de transferência ou aterro (litros/ano) e Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada). Relativamente à segunda janela, o modelo assume que os custos de transporte para todos os locais de tratamento são assumidos pelo produtor de resíduos.

Por último pode-se se aceder à grelha Sumário, conforme figura 2.12.

Esta grelha permite ao utilizador visualizar o fluxo de resíduos dentro da secção Recolha de resíduos, bem como assegurar que os resíduos especificados na secção Entradas de resíduos são considerados na secção Recolha de resíduos.

Por vezes os sistemas de recolha introduzem as maiores cargas no sistema de gestão de resíduos, devendo o utilizador definir a recolha tão correctamente quanto possível (McDougall *et al.*, 2001).

System Area | Collected Household Waste | Delivered Household Waste | Collected Commercial Waste | **Summary**

"Input" rows show total waste inputs. "Transferred" rows show total amount of waste identified, removed from restwaste stream and added to other streams. Note that these figures include contaminants.  
These summaries are used to make sure that the scenario does not collect more waste than is specified in Waste Inputs.

Collected Household Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Delivered Household Waste:  
The amount of material recovered from delivered household waste is expressed as a percentage of the waste input. Therefore, it is not possible to collect more waste than specified in the Waste Inputs Section

Collected Commercial Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	10

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Figura 2.12 – Sumário (Recolha de resíduos)

Todos os dados apresentados nesta grelha são calculados pelo modelo. As linhas Entrada (toneladas) das tabelas Resíduos domésticos recolhidos e Resíduos comerciais recolhidos, devem ser iguais à soma das linhas Transferidos (toneladas) e Resíduos não segregados (toneladas).

O termo Transferidos refere-se aos materiais que foram separados (e por isso subtraídos) do fluxo de resíduos não segregados durante o processo de recolha e foram adicionados aos produtos ou ao tratamento biológico.

Para aceder aos cálculos realizados para obtenção dos dados apresentados na grelha, basta carregar duplamente no item desejado.

**- Triagem de resíduos em instalação de recuperação de materiais (MRF) ou para produção de combustível a partir dos resíduos (RDF)**

As operações de triagem quer de Instalações de recuperação de materiais (MRF) quer de Instalações de produção de combustível a partir de resíduos (RDF) são modeladas na grelha Triagem de resíduos em instalação de recuperação de materiais (MRF) ou para produção de combustível a partir dos resíduos (RDF) (figura 2.13).

Sendo que nos cenários estabelecidos para o caso de estudo se contempla e explora unicamente a triagem MRF, entendeu-se detalhar no modelo apenas a grelha referente à mesma.

The screenshot displays the 'MRF Sorting' tab of a software interface. It contains several sections for data entry:

- MRF Sorting Stream:** A table with columns for material types (Paper, Glass, Ferrous metal, Non-fe metal, Film plastic, Rigid plastic, Textiles, Organics, Other) and rows for Plant input, Residue, and Output, all showing zero values.
- Destination For Outputs:** Fields for Recycling (%) and PPDF burning (%) for each material type, with Paper, Glass, and Metal set to 100.0% and Plastic/Textiles to 0.0%.
- MRF Energy And Fuel Consumption:** Fields for Electrical (25.0 kWh/tonne), Diesel (0.0 litres/tonne), and Natural gas (0.0 m3/tonne) consumption.
- Residue Treatment:** Fields for Incineration and Landfill percentages (0.0% and 100.0% respectively), and transport distance and cost (all zero).
- Processing Costs:** A field for (£/tonne input) set to 0.
- Revenue From Sale Of Materials To Reprocessor:** A table showing revenue for each material type, all set to 0 (£/tonne).

At the bottom, there are navigation buttons: Streams, Results, Advanced, << Back, Main, Next >>, Print, Glossary, and Help.

**Figura 2.13 – Triagem MRF (Triagem MRF e RDF)**

O modelo calcula e apresenta o fluxo de materiais disponível para a triagem MRF, no que se refere à entrada de materiais na instalação, resíduos (não são mais que perdas de materiais na triagem) e materiais que saem da triagem. Estes dados são

apresentados na tabela Fluxo da triagem MRF: Materiais que entram na instalação (toneladas), Resíduo (toneladas), Materiais que saem da instalação (toneladas).

A percentagem do material processado na triagem perdido como resíduos, ou seja a taxa de contaminação da operação triagem, é definido acedendo sequencialmente a Avançadas e Recolha de resíduos.

Nos resíduos domésticos e quando ocorre separação na recolha porta a porta, o modelo assume uma taxa de contaminação de 8%, por outro lado assume uma taxa de contaminação de 30% caso seja inserida a não separação na recolha porta a porta.

Ainda nos resíduos domésticos e para um sistema de recolha colectiva o modelo assume uma taxa de contaminação de 30%.

Enquanto que nos resíduos comerciais é assumida uma taxa de contaminação de 8%.

Seguidamente o utilizador deve indicar na janela Destino para os materiais que saem da instalação: Reciclagem (%), Queima de papel e plástico para produção de combustível(%) e no que se refere ao papel e plástico a percentagem enviada para reciclagem (Reciclagem), consequentemente o modelo mostra a percentagem encaminhada para queima (PPDF). O modelo assume que o vidro, metal e têxteis recolhidos e triados são enviados para reciclagem, daí não contemplar as mesmas opções que as descritas para o papel e plástico.

Na tabela Consumo de combustível e energia em MRF deve ser indicado, entre as várias opções apresentadas Eléctrica, Combustível, Gás natural, o consumo de combustível na unidade de triagem por tonelada de material processado. O modelo assume um consumo eléctrico de 25 kWh/tonelada de material que entra no processo e adiciona os dados indicados na tabela aos consumos totais de energia/combustível.

Para o resíduos provenientes da triagem o utilizador define o método de tratamento e a distância média (em cada sentido) para a unidade de tratamento respectiva. O modelo adiciona as quantidades de materiais ao fluxo do aterro ou do tratamento térmico, conforme o caso, e calcula o consumo de gasóleo no transporte (assumindo uma carga de 20 toneladas num veículo pesado) que é adicionado aos consumos totais de combustível. O utilizador deve indicar também o custo de transporte por tonelada de resíduos enviado para aterro ou tratamento térmico.

Estes dados são inseridos na janela Resíduo tratamento: Tratamento (%), Distância de transporte (quilómetros em cada sentido), Custo de transporte (€/tonelada).

Na janela Custos de processamento deve ser inserido o custo de processamento do material em euros por tonelada. Este valor deve excluir a venda de materiais ou os custos com o destino dos resíduos.

Os materiais recuperados deixam de ser considerados no sistema de gestão de resíduos neste ponto, pelo que são inseridas as receitas provenientes com a venda destes materiais na janela Receitas da venda de material para reprocessamento (€/tonelada).



## - Tratamentos biológicos

Antes de explorar em concreto os tratamentos biológicos por compostagem e digestão anaeróbia, o modelo começa por mostrar uma grelha Entradas no processo (figura 2.14) que contempla os materiais disponíveis para ambos os processos.

Process Inputs | Composting | Biogasification

Biological Stream Input:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Restwaste Added To Biological Stream At This Stage:

(%)

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Total Material Available For Biological Treatments:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Destination For Material Available For Biological Treatments:

	Composting	Biogasification	Landfill
(%)	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Streams | Results | **Advanced** | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 2.14 – Entradas no processo (Tratamentos biológicos)**

Os valores na tabela Fluxo de entrada no tratamento biológico (toneladas) representam as quantidades de materiais disponíveis para o tratamento biológico, nesta etapa do ciclo de vida. McDougall *et al.* (2001) referem que o vidro, metal, plástico, têxteis e outras fracções existentes no fluxo biológico são devidas à contaminação nos processos de recolha e triagem.

Se os resíduos não segregados forem adicionados ao fluxo do processo biológico, o utilizador deve indicar na tabela Resíduos não segregados adicionados ao fluxo biológico nesta etapa, a percentagem a contemplar. McDougall *et al.* (2001) referem que os resíduos não segregados são considerados os resíduos que não passaram em nenhum processo unitário ou de tratamento.

A partir da percentagem indicada pelo utilizador, o modelo calcula as quantidades respectivas de papel, vidro, metal ferroso, metal não ferroso, filme plástico, plástico rígido, têxteis, orgânicos e outros, e apresenta-as na tabela imediatamente a seguir.

Posteriormente o modelo adiciona a fracção anterior ao material disponível para o tratamento biológico e apresenta uma nova quantidade de material disponível na tabela Material total disponível para tratamentos biológicos (toneladas).

As janelas Destino do material disponível para tratamentos biológicos: (%) Compostagem, Digestão anaeróbia, Aterro permitem ao utilizador identificar que fracção do material disponível para tratamento biológico é enviada para compostagem e/ou digestão anaeróbia. Caso a soma das fracções indicadas na

compostagem e digestão anaeróbia não seja 100, o diferencial deve ser indicado na janela aterro, caso contrário o modelo não permite avançar para a grelha seguinte.

O primeiro tratamento biológico apresentado no modelo é a compostagem, o qual é explorado na grelha Compostagem (Figura 2.15).

**Process Inputs** | **Composting** | **Biogasification**

Composting Input And Presort:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Plant input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presort recovery (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Presort residue (%)	2.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	2.5	100.0
Process input (tonnes)	0							0	

Composting Process:

Mass loss (%) \* 50.0

Compost produced (tonnes) 0

Compost marketable (%) 0.0

Energy consumption (kWh/tonne of plant input) 30

\* due to moisture loss and degradation. Range: 30% to 60%

Residue:

	Incineration	Landfill
Sorting residue treatment (%)	0.0	100.0
Compost residue treatment (%)	0.0	100.0
Transport distance (km each way)	0	0
Transport cost (£/tonne)	0.0	0.0

Revenue From Recovered Materials:

	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles
(£/tonne)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Costs:

Processing (£/tonne plant input) 0.0

Market price for compost (£/tonne) 0.0

Streams | Results | **Advanced** | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 2.15 – Compostagem (Tratamentos biológicos)**

O modelo começa por apresentar uma tabela Separação prévia e fluxo de entrada para a compostagem, que contempla as seguintes linhas: Materiais que entram na instalação (toneladas), Recuperação na separação prévia (%), Resíduo na separação prévia (%) e Materiais que entram no processo (toneladas).

O modelo apresenta na linha Materiais que entram na instalação (toneladas) os valores correspondentes aos materiais que entram na compostagem. Se ocorrer recuperação de materiais na separação prévia, o utilizador deve indicar o nível de recuperação (%) para o vidro, metal, plástico e têxteis, caso não ocorra recuperação estas janelas devem ser deixadas em branco.

O modelo assume há excepção do papel e do material orgânico que todos os materiais (Vidro, Metal ferroso, Metal não ferroso, Filme plástico, Plástico rígido, Têxteis, Outros) são removidos na sua totalidade como resíduo numa separação prévia. Para o papel e material orgânico o modelo assume que 2,5% são considerados resíduos (esta percentagem deve-se a materiais que não são biodegradáveis ou que aderiram a materiais contaminantes). Estes valores não podem ser alterados pelo utilizador.

Em seguida, o modelo calcula as quantidades restantes de papel e material orgânico e apresenta-as como os materiais que entram no processo.

O modelo apresenta várias janelas que caracterizam a compostagem, designadamente o Processo de compostagem : Perdas de matéria (%), Composto

produzido (toneladas), Composto vendável (%), Consumo de energia (kWh/tonelada de material que entra).

Na janela Perdas de matéria (%) deve ser indicada a perda de massa devida à perda de humidade e degradação da fracção orgânica. Por defeito o modelo introduz um valor de 50.

O modelo calcula e apresenta a quantidade total de composto produzido na janela Composto produzido (toneladas).

Na janela Composto vendável (%), deve aparecer a percentagem de composto vendável. A diferença entre 100 e a valor vendável, corresponde à percentagem considerada como resíduo.

Para finalizar a caracterização do processo de compostagem deve ser indicada na janela Consumo de energia (kWh/tonelada de material que entra) o valor correspondente ao consumo de energia por tonelada de material que entra na instalação. O modelo automaticamente adiciona este valor ao fluxo de combustível. Por defeito o modelo apresenta um valor de 30 kWh/tonelada.

À direita do processo de compostagem, o modelo mostra um conjunto de janelas referentes a Resíduo, que inclui: Tratamento do resíduo do processo de separação (%), Tratamento do composto considerado como resíduo (%), Distância de transporte (quilómetros em cada sentido) e Custo de transporte (€/tonelada).

Na primeira janela Tratamento do resíduo do processo de separação (%), o utilizador deve especificar como o resíduo resultante da separação é tratado, indicado a percentagem de tratamento na opção incineração e o modelo apresenta a correspondente percentagem na opção aterro. A mesma situação acontece para o composto a considerar como resíduo.

O utilizador ao indicar a distância entre a instalação de compostagem e o aterro e/ou incineração, o modelo calcula o consumo de combustível assumindo que o veículo pesado transporta 20 toneladas e no regresso não apresenta carga. O valor correspondente é adicionado ao fluxo de combustível.

O dado inserido na janela Custo de transporte (€/tonelada) é adicionado ao fluxo de custos.

Caso existam receitas da venda dos materiais recuperados a partir de um processo de separação que antecede a compostagem propriamente dita, devem ser inseridos nas janelas Receita dos materiais recuperados (€/tonelada).

No final da grelha Compostagem surgem duas janelas referentes a Custos, respectivamente: Custos de processamento (€/tonelada de material que entra) e Preço de mercado para o composto (€/tonelada). Na janela Custos de processamento deve ser especificado o custo global do processo de compostagem mais o relativo ao processo de separação prévia. No entanto não deve incluir as receitas provenientes da venda de materiais recuperados. Na segunda e última janela é pedido ao utilizador a introdução do valor de mercado em euros por tonelada proveniente da venda do composto produzido.

Digestão anaeróbia constitui a última grelha que compõe a secção relativa ao tratamento biológico (figura 2.16) que é muito similar à relativa a compostagem, pelo que apenas se descrevem as janelas diferentes ou novas.

The screenshot shows the 'Biogasification' tab in a software interface. It contains several input fields and tables for configuring the biogasification process.

**Biogasification Input And Presort:**

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Plant input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presort recovery (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Presort residue (%)	2.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	2.5	100.0
Process input (tonnes)	0							0	

**Biogasification Process:**

Mass loss (%)\* 60.0

BG Compost produced (tonnes) 0

BG Compost marketable (%) 0.0

Energy consumption (kWh/tonne of plant input) 50

Energy production (kWh/tonne of process input) 190

\* due to moisture loss and degradation. Range: 40% to 80%

**Residue:**

	Incineration	Landfill
Sorting residue treatment (%)	0.0	100.0
Compost residue treatment (%)	0.0	100.0
Transport distance (km each way)	0	0
Transport cost (£/tonne)	0.0	0.0

**Revenue From Recovered Materials:**

	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles
(£/tonne)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Costs:**

Processing (£/tonne plant input) 0.0

Market price for compost (£/tonne) 0.0

Market price for electricity (£/kWh) 0.000

Navigation buttons: Streams, Results, Advanced, << Back, Main, Next >>, Print, Glossary, Help.

**Figura 2.16 – Digestão anaeróbia (Tratamentos biológicos)**

Relativamente às várias janelas que compõem Processo de digestão anaeróbia, é introduzida uma nova janela, Produção de energia (kWh/tonelada de material que entra). Neste campo deve ser inserido o valor correspondente à produção de energia por tonelada de matéria que entra na instalação, por defeito o modelo assume um valor típico de 190 kWh/tonelada. Nas janelas Perdas de matéria (%) e Consumo de energia (kWh/tonelada de material que entra) os valores assumidos automaticamente pelo modelo diferem também dos apresentados para compostagem, sendo respectivamente 60 e 50.

No final da grelha e nas janelas que compõem Custos, o modelo introduz uma nova designada por Preço de mercado para a electricidade (£/kWh), na qual se introduz o valor de mercado, em £/kWh, para o excesso de electricidade que é exportada do processo de digestão anaeróbia.

#### - Deposição em aterro

Na secção relativa ao aterro a primeira grelha apresenta pelo modelo, Entrada no processo, contempla apenas janelas com valores calculados pelo modelo (figura 2.17).

Process Input		Transfer Station		Non-Hazardous Landfill Management & Costs		Hazardous Landfill Management & Costs					
Non-Hazardous Landfill Stream Input:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Untreated Restwaste Remaining At This Stage:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other		
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total Non-Hazardous Material Available For Landfilling:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landfill Input:											
	Non-Hazardous		Hazardous		Total						
Amount (tonnes)	0		0		0						
Proportion of waste input (%)	0.0		0.0		0.0						
<div>Streams</div> <div>Results</div> <div>Advanced</div> <div>&lt;&lt; Back</div> <div>Main</div> <div>Next &gt;&gt;</div> <div>Print</div> <div>Glossary</div> <div>Help</div>											

**Figura 2.17 – Entrada no processo (Deposição em aterro)**

O modelo exibe inicialmente a composição e quantidades dos resíduos provenientes dos processos de recolha, triagem, tratamento biológico e tratamento térmico, nas janelas Fluxos de entrada de resíduos não perigosos no aterro (toneladas).

Nas janelas Resíduos não segregados não tratados nesta etapa (toneladas) o modelo apresenta a composição dos resíduos não segregados que não são desviados para qualquer tratamento, este material é adicionado ao fluxo do aterro.

O modelo apresenta nas janelas Total de material não perigoso disponível para deposição em aterro (toneladas), a quantidade total de resíduos não perigosos disponíveis para aterro, que resulta da soma de Fluxo de entrada de resíduos não perigosos no aterro e Resíduos não segregados não tratados nesta etapa.

No final da grelha e nas janelas Entrada no aterro, o modelo calcula a quantidade total de materiais não perigosos e perigosos enviados para deposição.

McDougall *et al.* (2001) referem que estes valores são utilizados no cálculo das emissões gasosas e efluentes bem como do volume dos resíduos sólidos finais.

Quaisquer operações de processamento associados com a estação de transferência podem ser descritas na grelha Estação de transferência (figura 2.18).

	Non-Hazardous	Hazardous
Landfill material sent to transfer station (% of landfill input)	0.0	0.0
Landfill material sent to transfer station (tonnes)	0	0
Electrical energy consumption of transfer station (kWh/tonne input)	0.0	0.0
Diesel fuel consumption of transfer station (litres/tonne input)	0.0	0.0
Distance to landfill site from transfer station (km each way)	0.0	0.0

**Figura 2.18 – Estação de transferência (Deposição em aterro)**

Para todas janelas apresentadas o modelo faz distinção entre não perigosos e perigosos.

O modelo começa por exibir uma janela Material para deposição em aterro enviado para estação de transferência (% de material que entra para aterro), onde se insere o valor correspondente à percentagem de resíduos encaminhados para transferência do total de resíduos que entram no aterro. O modelo converte este valor para toneladas e apresenta-o na janela Material para deposição em aterro enviado para estação de transferência (toneladas).

Seguem-se os campos relativos as consumos de energia, primeiro com a janela Consumo de energia eléctrica na estação de transferência (kWh/tonelada que entra) e depois com Consumo de combustível na estação de transferência (litros/tonelada que entra).

Por último deve ser introduzida a distância entre o aterro e a estação de transferência num único sentido. Neste caso o modelo calcula o consumo de combustível, assumindo que a distância é percorrida por um veículo pesado de 40 toneladas de capacidade e que no regresso não transporta carga.

Segue-se a grelha Custos e gestão de aterro para resíduos não-perigosos (figura 2.19).

As cargas e custos relativos ao aterro de resíduos não perigosos são considerados nesta grelha, assim como a produção de biogás e a posterior produção de energia. A recolha e tratamento de lixiviados são também modelados (McDougall *et al.*, 2001).

Process Input	Transfer Station	Non-Hazardous Landfill Management & Costs	Hazardous Landfill Management & Costs
<b>Energy Consumption:</b> Electrical energy consumption of landfill site (kWh/tonne input) <input type="text" value="0.0"/> Diesel fuel consumption of landfill site (litres/tonne input) <input type="text" value="0.0"/>			
<b>Landfill Gas:</b> Landfill gas generated (Nm <sup>3</sup> ) <input type="text" value="0"/> Landfill gas collected (%) <input type="text" value="0.0"/> Landfill gas released (%) <input type="text" value="100.0"/> Energy recovered from gas (%) <input type="text" value="0.0"/> Efficiency of electricity generation (%) <input type="text" value="30.0"/> Market price for electricity (€/kWh) <input type="text" value="0.000"/>			
<b>Leachate:</b> Leachate generated (m <sup>3</sup> ) <input type="text" value="2"/> Leachate collected (%) <input type="text" value="0.0"/> Leachate released (%) <input type="text" value="100.0"/> Leachate treatment efficiency (%) <input type="text" value="0.0"/> Efficiency of collection and treatment process (%) <input type="text" value="0.0"/>			
<b>Costs:</b> Transfer and transport cost of restwaste (£/tonne) <input type="text" value="0.0"/> Landfill cost (£/tonne) <input type="text" value="0.0"/>			
Streams	Results	Advanced	<input type="button" value="« Back"/> <input type="button" value="Main"/> <input type="button" value="Next »"/> <input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Glossary"/> <input type="button" value="Help"/>

**Figura 2.19 – Custos e gestão de aterro para resíduos não-perigosos (Deposição em aterro)**

O modelo usa a informação indicada nas janelas Consumo de energia: Consumo de energia eléctrica no aterro (kWh por tonelada que entra) e Consumo de gásóleo no aterro (litros por tonelada que entra), para calcular o consumo de energia/combustível da operação aterro e adicionar estes valores aos consumos totais do sistema global.

Segue-se um conjunto de janelas que caracterizam o Biogás do aterro. Na primeira janela Biogás produzido (N/m<sup>3</sup>) o valor apresentado é calculado pelo modelo.

Posteriormente o utilizador, caso se verifique, deve indicar a percentagem de biogás recolhido no aterro, automaticamente o modelo calcula a percentagem de biogás libertado. Este valores vão produzir efeitos nas emissões gasosas.

Relativamente ao biogás recolhido McDougall *et al.* (2001) referem que o modelo IWM-2 considera que é posteriormente queimado, resultando em emissões gasosas.

Se for considerada a recuperação de energia a partir do biogás, o valor correspondente deve ser indicado na janela Energia recuperada a partir do biogás. A quantidade avaliada de energia eléctrica é adicionada à produção total de energia no sistema.

Seguem-se as janelas Eficiência de produção de electricidade (%) e Preço de mercado para a electricidade (€/kWh).

O modelo apresenta igualmente uma série de janelas que caracterizam o lixiviado. Antes de serem referidas estas janelas considera-se importante apresentar as considerações do modelo em relação ao mesmo.

Se o aterro não é impermeabilizado, ou é mas sem tratamento e recolha de lixiviado, o modelo assume que todo o lixiviado produzido é perdido e entra no solo. Os compostos ou substâncias que compõem o lixiviado são adicionados aos efluentes

totais. Pelo contrário se o aterro possuir impermeabilização, a quantidade recolhida é avaliada usando a eficiência estimada de recolha, e os efluentes resultantes e resíduos adicionados aos respectivos efluentes e resíduos sólidos. Para a quantidade de lixiviado não recolhida é de novo assumido que se perde e por isso adiciona-se aos efluentes totais (McDougall *et al.*, 2001).

Relativamente ao lixiviado, o modelo começa por mostrar a quantidade produzida na janela Produção de lixiviado ( $N/m^3$ ).

Seguidamente o utilizador deve introduzir a quantidade de lixiviado recolhida na janela Lixiviado recolhido (%), o que permite ao modelo calcular o lixiviado perdido.

Um dado que é igualmente pedido prende-se com a eficiência de tratamento do lixiviado, janela Eficiência do tratamento do lixiviado (%). O modelo com este valor e com a percentagem de lixiviado recolhido, calcula a eficiência da recolha e do processo de tratamento do lixiviado (janela Eficiência de recolha e do processo de tratamento).

Na parte inferior desta grelha são mostradas duas janelas relativas a custos. A primeira refere-se a Transferência/Custo de transporte dos resíduos não segregados (€/tonelada) e a segunda a Custo do aterro (€/tonelada).

O custo do aterro e referindo McDougall *et al.* (2001) deve incluir a compra do terreno, construção, operação do aterro, assim como a venda de biogás, tratamento do biogás e do lixiviado, encerramento e consequente monitorização.

Embora o aterro de resíduos perigosos não seja contemplado nos cenários estabelecidos no estudo. A grelha Custos e gestão de aterro de resíduos perigosos (figura 2.20) é idêntica à anterior (figura 2.19) com excepção do modelo assumir que não existe produção de biogás no aterro de resíduos perigosos.

A entrada de resíduos para o aterro de resíduos perigosos considerados (cinzas e resíduos provenientes dos filtros) resultam do processo térmico (McDougall *et al.*, 2001).



**Figura 2.20 – Custos e gestão de aterro de resíduos perigosos (Deposição em aterro)**

Após preenchimento das grelhas de acordo com os dados, variáveis e pressupostos assumidos na estratégia de gestão a estabelecer, a corrida do modelo permitirá analisar em termos de resultados os seguintes descritores: custos (análise económica), energia, resíduos sólidos finais, emissões gasosas e efluentes.

Cada um dos descritores é avaliado em termos das operações de recolha e de separação, dos processos de tratamento biológico e térmico, aterro e reciclagem.

No que se refere aos custos são especificados a despesa, a receita, o custo/habitação e o custo/pessoa.

No descritor energia, o modelo apresenta resultados nos seguintes itens: electricidade-consumida, electricidade produzida, electricidade relativa ao processo de reciclagem (electricidade-reciclagem), gasolina, gasóleo e gás-natural.

O descritor resíduos sólidos finais representa a quantidade de resíduos enviados para aterro (McDougall *et al.*, 2001) e é repartido nos seguintes itens: resíduos não perigosos, resíduos perigosos, resíduos sólidos provenientes da produção de energia usada no sistema de gestão de resíduos (energia industrial), resíduos sólidos provenientes do fabrico de sacos e contentores de recolha, resíduos sólidos do tratamento de lixiviados, créditos da reciclagem, tonelagem total e volume total.

Em ambos os descritores emissões gasosas e efluentes são apresentados valores para uma série de parâmetros. A listagem de parâmetros é apresentada no anexo B, conforme enunciado em §5.4 e em §5.5.

Os resultados são apresentados na forma de listagem, para as várias fases do ciclo de vida dos resíduos, designadamente recolha, triagem, tratamento biológico, tratamento térmico, aterro e reciclagem.

No entanto, as opções de tratamento estabelecidas no sistema de gestão de resíduos a modelar, condicionam a existência de resultados em algumas fases do ciclo de vida dos resíduos, e.g., caso não se considere o tratamento biológico, as saídas do modelo são zero para os vários descritores modelados, neste tratamento.

Para além destas situações, existem também outras em que os resultados são zero em alguns descritores. Quando pelas considerações ou variáveis assumidas no modelo, se considere que o valor do descritor, em análise, é zero.

Há ainda a distinguir a designação n/a (não aplicável), sempre que após corrida do cenário, o modelo revelar não serem aplicáveis os cálculos para a obtenção do resultado no descritor em análise.

No cálculo dos resultados, as emissões gasosas ou efluentes descritos a seguir constituem valores de referência, considerados por McDougall *et al.* (2001) e incorporados no IWM-2:

- As emissões gasosas ou efluentes resultantes de uma grelha de energia para os diferentes parâmetros, que consideram diferentes fontes de energia: carvão, petróleo, gás-natural, nuclear e hidroelétrica;
- As emissões gasosas resultantes do consumo de gasóleo para os diferentes parâmetros analisados;
- A produção de lixiviado a partir de cada fracção de RSU (papel, vidro, metal, plástico, têxteis, orgânicos, outros e composto);
- As emissões gasosas resultantes do lixiviado nas diferentes fracções de RSU e para cada parâmetro especificamente;
- A produção de biogás a partir de resíduos orgânicos, composto, papel e têxteis;
- As emissões gasosas provenientes de aterro.

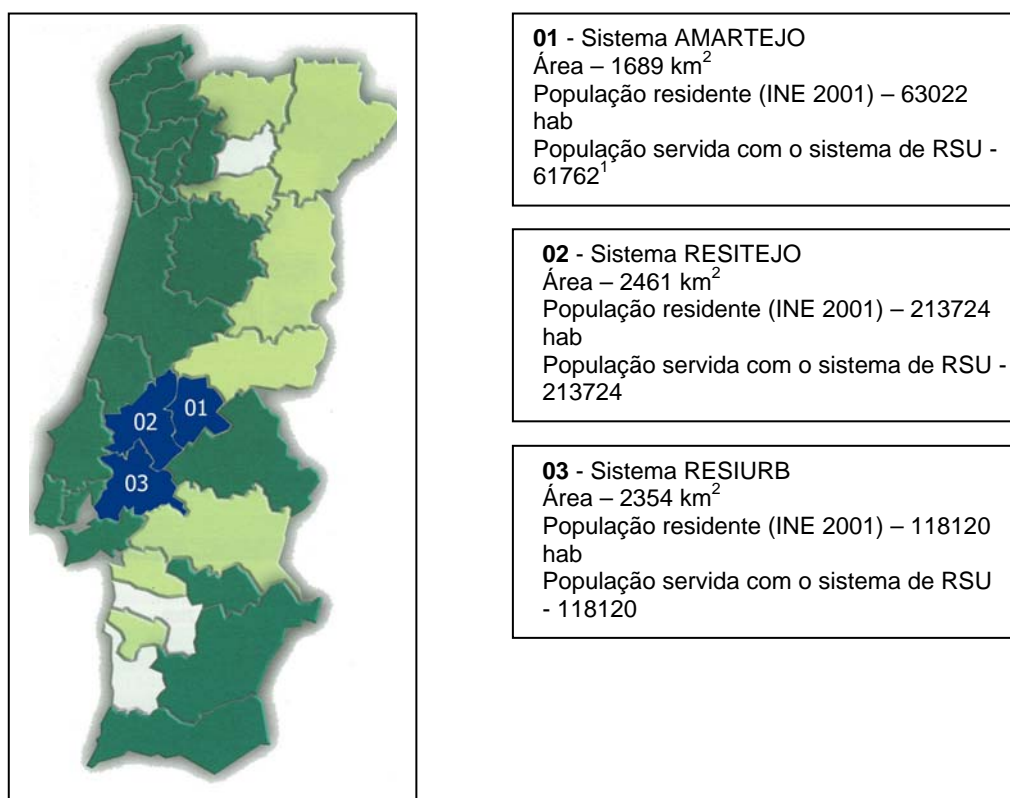
## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

### 3.1. Descrição da área de estudo

Inicialmente pretendeu-se que o estudo abrangesse o distrito de Santarém. Sendo que entre Janeiro de 2001 e Dezembro de 2003, foi permitida a deposição de resíduos industriais não perigosos nos aterros de RSU existentes, considerou-se que as fronteiras da área de estudo correspondiam à área geográfica delimitada pelos três sistemas intermunicipais de gestão de RSU existentes na região de Santarém, que não corresponde exactamente à área do distrito.

Deste modo a área de estudo inclui todos os municípios do distrito de Santarém à excepção de Rio Maior e Ourém por integrarem, respectivamente, os sistemas RESIOESTE e VALORLIS. A área de estudo inclui também os municípios de Vila de Rei e Gavião que integram em termos administrativos os distritos de Castelo Branco e Portalegre, mas que se enquadram no sistema AMARTEJO.

Por uma questão de simplificação a área de estudo é designada por região de Santarém (figura 3.1).



**Figura 3.1 - Área de estudo (adaptado de SPV, 2003)**

(1) Fonte: SPV (2003)

Na região de estudo, em termos de infraestruturas de gestão de RSU, existem três aterros, correspondentes aos sistemas intermunicipais AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB que se localizam respectivamente, em Abrantes, Carregueira (Chamusca) e Raposa (Almeirim). A exploração dos aterros foi iniciada em Junho de 1998, Maio de 1999 e Junho de 2000, respectivamente.

No anexo C apresenta-se a caracterização dos sistemas em termos de produção de RSU e RIB, e de recolha selectiva a partir de ecopontos.

Para além das infraestruturas referidas, iniciou a exploração em Dezembro de 2004 uma unidade de triagem<sup>1</sup> de RSU, localizada em Chamusca, que serve os sistemas da RESITEJO e RESIURB.

Embora a capacidade instalada da unidade de triagem tenha sido ultrapassada em 2005, em que foram processadas 4155.24 toneladas, é necessário considerar alguns aspectos:

- Em 2005, o conteúdo do embalão só começou a ser processado a partir de Junho;
- Quando a unidade iniciou a sua exploração, existiam na RESITEJO apenas 200 ecopontos, no ano passado este número duplicou, perspectivando-se que triplique em 2006;
- A unidade de triagem foi projectada para processar também os resíduos provenientes da recolha selectiva do sistema AMARTEJO. No entanto este sistema, por uma questão de proximidade, envia os resíduos para a unidade que serve o sistema VALNOR;
- O sistema da RESIURB apenas está a enviar para a unidade de triagem parte dos resíduos provenientes da recolha selectiva.

Face aos aspectos apontados e segundo informações obtidas junto da unidade de triagem, o projecto da unidade debruçou-se essencialmente sobre estudos económicos, e que a capacidade instalada constante no projecto, não foi correctamente calculada.

A unidade encontra-se no segundo ano de exploração, pelo que, segundo informações obtidas, torna-se difícil apontar um valor que poderá ser atingido em termos de capacidade de processamento. No entanto, perspectiva-se que o valor atingido em 2005 possa ser largamente excedido, até porque a unidade dispõe de condições funcionais para processar quantidades superiores de resíduos às processadas actualmente.

Para o tratamento de resíduos urbanos biodegradáveis perspectiva-se na região de estudo (concelho de Chamusca) uma unidade de valorização orgânica<sup>2</sup>. Na estratégia nacional para a redução de RUB destinados a aterros esta unidade encontra-se caracterizada com uma capacidade de 30 000 ton/ano e com arranque previsto em 2006, enquanto que no pedido de contribuição ao fundo de coesão (2000-2006), perspectiva-se uma capacidade de 25 000 ton/ano na fase de arranque (2006), acrescida de 10 000 ton/ano em 2016.

---

<sup>1</sup> A unidade de triagem da RESITEJO inclui três zonas principais, destinadas a descarga de viaturas, processamento de resíduos e por último formação de fardos e armazenamento de materiais. A linha de triagem apresenta-se em plataforma elevada, onde se procede à pré-triagem e triagem das diferentes fileiras de resíduos admitidos por processos manuais e mecânicos.

<sup>2</sup> O projecto da unidade de valorização orgânica, por digestão anaeróbica, como descrito no pedido de contribuição ao fundo de coesão (2000-2006), prevê um biodigestor com capacidade de 25 000 ton/ano, uma linha de recepção de RUB oriundos da recolha selectiva, uma linha de triagem para RSU, uma unidade de produção de energia eléctrica, uma unidade de produção de composto e pontos de recolha selectiva de RUB e seu transporte para a unidade de valorização orgânica.

De acordo com a tabela 4.3 o fluxo de resíduos orgânicos geridos na área de estudo, representa 7% da capacidade instalada referida na estratégia nacional para a redução de RUB, e 6% da capacidade instalada conforme dados apresentados no pedido ao fundo de coesão.

No que se refere a infraestruturas de gestão de resíduos industriais na região, existe um aterro de resíduos industriais banais em Chamusca, designado por RIBTEJO<sup>3</sup>; que iniciou a exploração em Novembro de 2003.

De acordo com INR (2006) encontram-se licenciados oito aterros para RIB, cinco dos quais, Setúbal, Leiria, Castelo Branco, Chamusca e Beja, estão em funcionamento, e os restantes, Vila Nova de Famalicão, Alenquer e Lousada, deverão entrar em exploração no final de 2006 ou mesmo em 2007. No total os aterros somam uma capacidade anual de 4.7 milhões de toneladas.

Foram definidos pelo governo a construção de dois CIRVER (Centro Integrado de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Industriais Perigosos) para Portugal e ambos irão localizar-se no concelho de Chamusca.

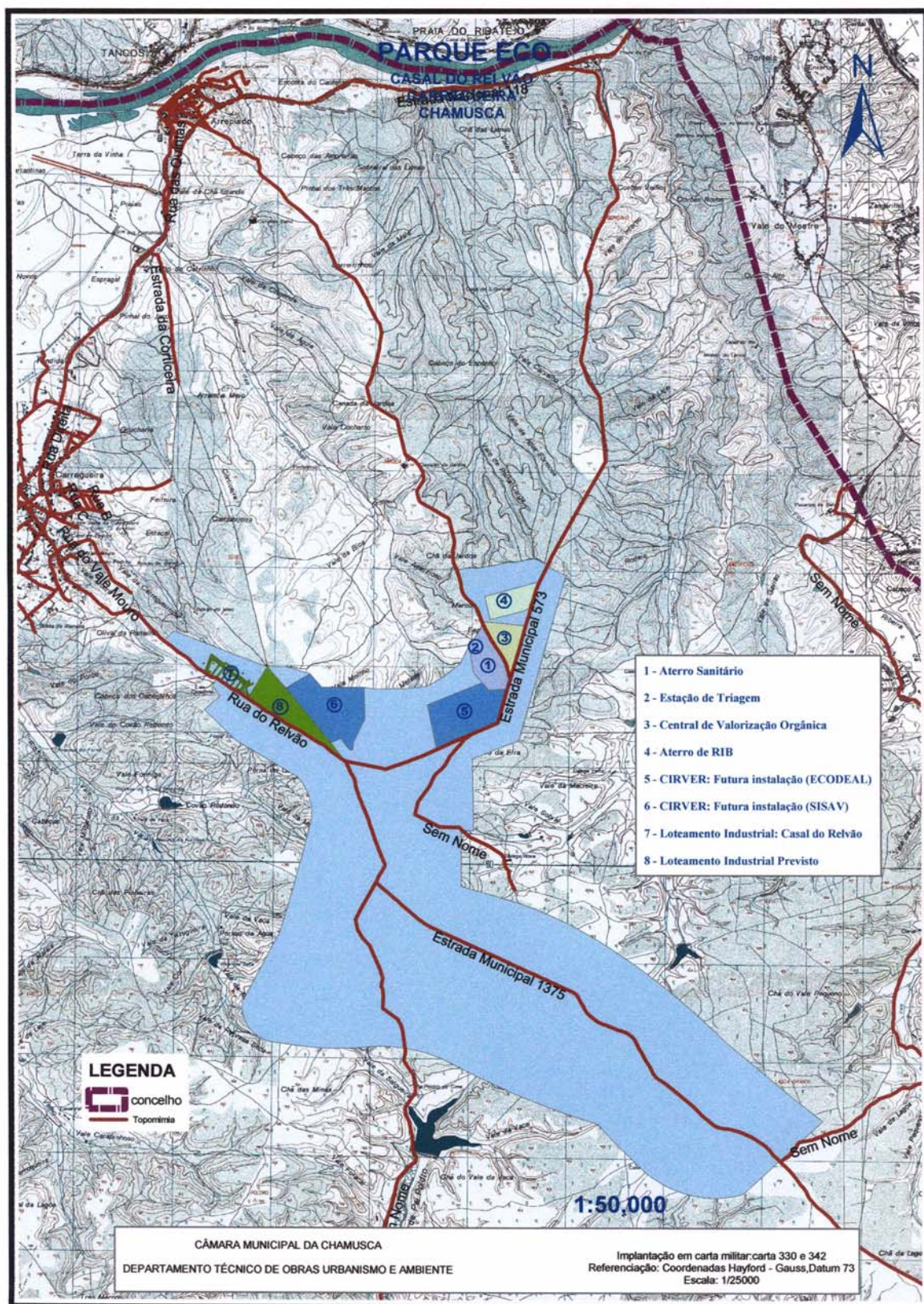
As infraestruturas de tratamento de resíduos existentes na região de Santarém localizam-se no concelho de Chamusca, designadamente aterro de RSU da RESITEJO, unidade de triagem, aterro de RIB. Todas estas infraestruturas estão implantadas na mesmo local (Ecoparque) que irá também receber os CIRVER.

Na figura 3.2 são apresentadas as localizações das infraestruturas existentes e a construir no âmbito do tratamento de resíduos, na região de Santarém e em concreto no concelho de Chamusca.

---

<sup>3</sup> De acordo com RIBTEJO (2003) são admissíveis no aterro todos os resíduos classificados como não perigosos na Lista Europeia de Resíduos, excluindo águas residuais, pneus inteiros ou fragmentados.





**Figura 3.2 – Localização das infra-estruturas de tratamento de resíduos existentes e a construir na região em estudo (sem escala)**

Fonte: Câmara Municipal da Chamusca (Departamento Técnico de Obras, Urbanismo e Ambiente)

### 3.2. Técnicas e procedimentos de recolha de dados

Para a caracterização dos resíduos industriais banais produzidos na área de estudo e obtenção de dados para correr o modelo IWM-2 recorreu-se, por um lado, à informação existente e, por outro, empreendeu-se um conjunto de acções tendentes a obter a informação complementar junto das empresas através de inquérito (via fax e e-mail) e de visitas. As fontes de recolha de dados foram em resumo as seguintes:

- Guias de pesagem de resíduos;
- Modelo A – Guia de acompanhamento de resíduos;
- Inquérito às empresas;
- Visitas às empresas.

Para consulta das guias de pesagem de resíduos industriais banais, e uma vez que foi permitida a deposição destes resíduos nos três aterros de RSU existentes na área de estudo, contactaram-se os aterros de Abrantes, Carregueira e Raposa, que correspondem aos sistemas intermunicipais, AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB.

A recolha de dados iniciou-se pela RESIURB, e teve lugar no próprio aterro, dado que os registos pretendidos se encontravam arquivados, nas suas instalações administrativas. A consulta dos registos decorreu nos dias 17 de Outubro de 2003 e 14 de Janeiro de 2004, e foram recolhidos dados entre Janeiro de 2002 e Dezembro de 2003.

A recolha de dados prosseguiu na RESITEJO, e teve lugar nos dias 22 e 27 de Abril de 2004, nas instalações da associação, em Arripiado. Foram recolhidos os dados entre Janeiro de 2002 e Dezembro de 2003.

Por razões que se desconhecem, a recolha de dados *in loco* não foi permitida na AMARTEJO, pelo que as informações foram fornecidas via fax, em 2004/05/31, e tal como nos anteriores sistemas foram remitidos os dados de Janeiro de 2002 a Dezembro de 2003.

Da análise das guias de pesagem referentes aos três sistemas intermunicipais foram identificadas 142 empresas, como se descreve em §4.1.1.

Por aplicação do critério, produção anual de resíduos superior a 25 toneladas, ao universo de empresas referido anteriormente, contabilizaram-se 49 empresas, que foram consideradas a malha de amostragem, para validar através de inquérito os resultados obtidos nas guias de pesagem.

A metodologia escolhida no âmbito do inquérito foi a da elaboração de um questionário suficientemente abrangente e flexível, para que no essencial, pudessem ser obtidos os dados de entrada para o modelo IWM-2 e ao mesmo tempo ser aplicável a todos os sectores industriais. O modelo de questionário enviado às 49 empresas é apresentado no anexo D.

A listagem de endereços dos questionários foi conseguida pela análise do modelo A - Guia de Acompanhamento de Resíduos, nos sistemas intermunicipais da RESITEJO e RESIURB, uma vez que a deposição de RIB nos aterros de RSU foi acompanhada por esta guia. Relativamente ao sistema da AMARTEJO, sendo que não foi possível a consulta das guias de pesagem e consequentemente das guias de acompanhamento de resíduos, a listagem de contactos das indústrias foi conseguida pela internet e páginas amarelas.



O questionário encontra-se estruturado em quadros para agilizar o seu preenchimento e acompanhado de um anexo com instruções de preenchimento para cada um dos quadros. Em seguida descrevem-se as secções que compõem o questionário.

- 1.<sup>a</sup> secção: identificação da empresa através do ramo de actividade;
- 2.<sup>a</sup> secção: identificação e quantificação dos fluxos de resíduos produzidos por ano. Esta secção permite a introdução de fluxos de resíduos não especificados;
- 3.<sup>a</sup> secção: descrição do acondicionamento dos resíduos identificados na secção anterior. Foi pedido às empresas que clarificassem a forma de acondicionamento (por contentor ou por outro meio), sendo que no primeiro era especificado o número, capacidade e tipo dos contentores bem como o local em que o acondicionamento era realizado, custo anual do mesmo e destino dos resíduos. Esta secção permite a introdução de fluxos de resíduos não especificados;
- 4.<sup>a</sup> secção: identificação das entidades responsáveis pela remoção, transporte e eliminação dos resíduos enviados para aterro;
- 5.<sup>a</sup> secção: identificação dos vários fluxos de resíduos enviados para reciclagem, quantidade produzida, transportador e destinatário responsáveis, bem como os custos do serviço e o preço da venda dos resíduos. Esta secção permite introduzir fluxos de resíduos não especificados;
- 6.<sup>a</sup> secção: descrição do serviço de transporte, desde a unidade industrial até ao local de eliminação dos resíduos, ao nível do número de giros (mensais ou anuais), a distância ao aterro e o custo da eliminação.

Face à previsível dificuldade que algumas empresas poderiam ter em responder ao questionário, nos faxes e e-mails enviados foi disponibilizada ajuda para o seu preenchimento e pedia-se que a empresa indicasse disponibilidade para ser visitada.

O período de envio do questionário e obtenção do seu preenchimento, decorreu entre 25 de Fevereiro e 13 de Agosto, de 2004. Obtiveram-se 39 respostas, que correspondem a 80% do universo amostrado. As restantes indústrias, após contacto referiram, maioritariamente, que os dados eram confidenciais e que não os podiam disponibilizar. As informações constantes nos questionários reportam-se ao ano de 2003.

Das 39 empresas que responderam pelo menos a uma das secções que compunham o inquérito, verificou-se uma adesão de respostas na ordem dos 100%, 97%, 87%, 90% e 80%, respectivamente nas secções 2, 3, 4, 5 e 6, o que corresponde a:

- uma indústria não respondeu à secção 3;
- cinco indústrias não responderam à secção 4;
- quatro indústrias não responderam à secção 5 e;
- 8 indústrias não responderam à secção 6.



A secção 1 não foi incluída nesta análise, porque revela apenas dados relativos à identificação da indústria.

Dos questionários enviados, apenas quatro permitiram a visita às suas instalações, duas em cada um dos sistemas RESITEJO e RESIURB. As visitas permitiram essencialmente conhecer a forma de acondicionamento dos resíduos e as características dos resíduos produzidos.

## **CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO**

### **4.1. Fase I - Caracterização dos dados obtidos**

A Fase I (Caracterização dos dados obtidos) integra a descrição dos dados obtidos pela análise das guias de pesagem e dos inquéritos, sendo que pelas visitas não se obtiveram dados relevantes comparativamente com os obtidos nos inquéritos a estas mesmas empresas.

#### **4.1.1. Dados obtidos pela análise das guias de pesagem**

Pela análise das guias de pesagem dos resíduos depositados nos aterros dos sistemas intermunicipais existentes na região de estudo, foram apuradas as quantidades e características dos RIB encaminhados para deposição.

Pelo facto do primeiro sistema intermunicipal analisado (RESIURB) apresentar registos anuais completos de deposição de RIB a partir de 2002, optou-se por efectuar o levantamento dos RIB depositados em aterro nos anos 2002 e 2003. No entanto, na tabela 4.1 apresentam-se apenas as quantidades e características dos RIB enviados para aterro no período compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2003 (ano de 2003) e que corresponde ao período em estudo.

**Tabela 4.1 - Caracterização dos RIB a partir de dados analisados nos sistemas intermunicipais**

<b>Resíduos (Ton/ano)</b>	<b>SISTEMAS</b>		
	<b>AMARTEJO</b>	<b>RESITEJO</b>	<b>RESIURB</b>
	<b>2003</b>	<b>2003</b>	<b>2003</b>
Papel e cartão	49.39	18.02	204.54
Vidro	5.76	0	0
Metal	0	61.66	31.44
Plástico	104.77	385.22	456.55
Têxteis	0	28.84	0
Orgânicos	7.88	261.38	1215.76
Outros	1679.32	4793.50	875.21
<b>Total</b>	<b>1847.12</b>	<b>5548.62</b>	<b>2783.50</b>

Fonte: AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB

Da análise das guias de pesagem constatou-se que os resíduos industriais banais, provenientes das unidades industriais sediadas no município de Benavente, a partir de Julho de 2002, inclusive, deixaram de ser aceites no aterro da Raposa. Este facto foi justificado pela entrada em funcionamento do Centro integrado de tratamento de resíduos industriais (CITRI) em Setúbal.

Para além dos dados apresentados na tabela 4.1, a análise das guias de pesagem e das guias de acompanhamento de resíduos (modelo A) permitiu criar uma base de dados que inclui designação, localização e contacto das indústrias que efectuaram

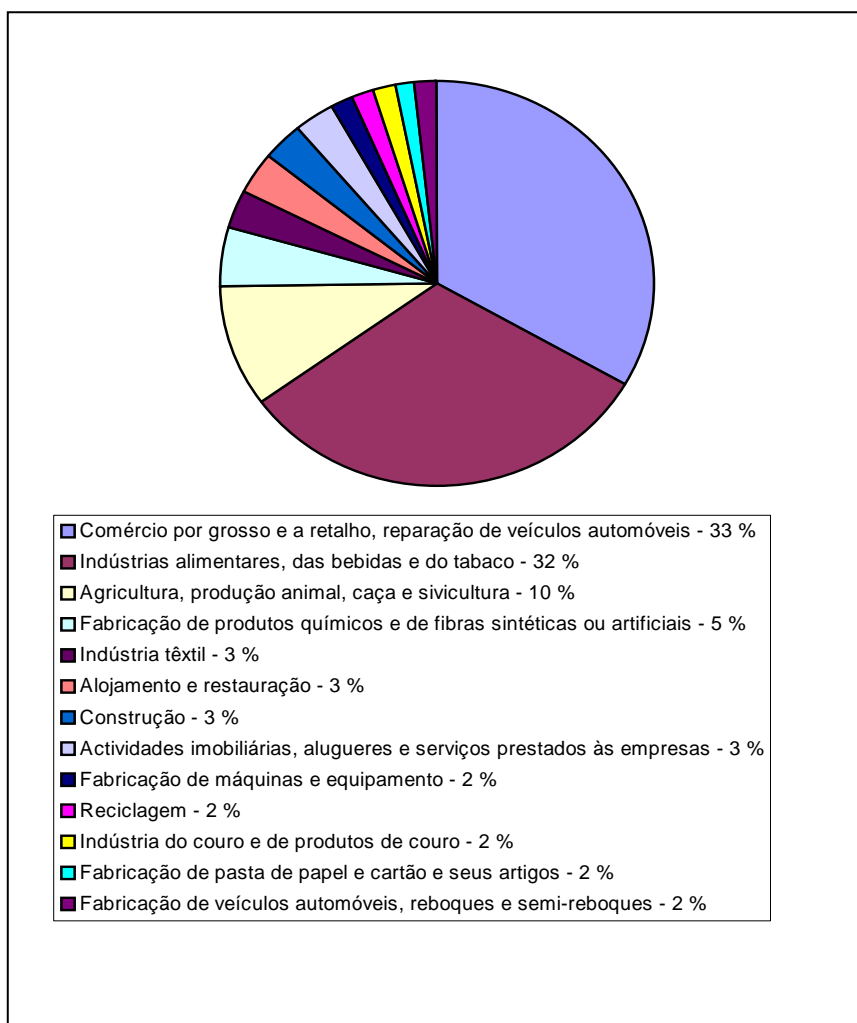
deposições nos aterros de RSU no período de análise, e que foi posteriormente utilizada quando se efectuou o envio dos questionários, como referido em §3.2.

Da análise das guias de pesagem e guias de acompanhamento de resíduos foram identificadas 142 empresas, que se distribuem essencialmente em dois grupos:

- comércio por grosso e a retalho (33%);
- indústrias alimentares, de bebidas e de tabaco (32%).

Dentro do universo de indústrias foram consideradas as grandes superfícies comerciais, porque os resíduos gerados, têm a mesma abordagem de gestão que os resíduos industriais banais.

Na figura 4.1 é apresentada a classificação das indústrias existentes na região de Santarém, de acordo com o Decreto Lei n.º 197/2003, de 27 de Agosto.



**Figura 4.1 - Classificação das actividades económicas existentes na área de estudo**

#### 4.1.2. Dados obtidos pela análise dos inquéritos

Pela análise dos dados constantes nos inquéritos foram apuradas as quantidades e características dos resíduos industriais banais produzidos na região de Santarém (tabela 4.2). Por uma questão de comparação são apresentadas igualmente os dados apurados a partir da análise das guias de pesagem.

**Tabela 4.2 - Caracterização dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo (dados provenientes das guias de pesagem e inquéritos)**

Resíduos (ton/ano)	Dados provenientes das guias de pesagem <sup>1</sup>	Dados provenientes dos inquéritos <sup>2</sup>
Papel e cartão	271.95	2168.18
Vidro	5.76	2179.56
Metal	93.10	423.97
Plástico	946.54	983.48
Têxteis	28.84	28.84
Orgânicos	1485.02	10408.01
Outros	7348.03	6924.79
<b>Total</b>	<b>10179.24</b>	<b>23723.21</b>

Fonte: (1) AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB e (2) Inquéritos realizados às indústrias.

Pela análise dos dados apresentados na tabela anterior, constatou-se que a produção de resíduos industriais banais na área de estudo, como revelaram os inquéritos, era superior à quantidade de resíduos depositados em aterro (dados provenientes da análise das guias de pesagem).

Relativamente aos fluxos de resíduos papel e cartão, vidro, metal e plástico o diferencial entre os dados apurados nos inquéritos e os constantes nas guias de pesagem, corresponde a resíduos enviados para reciclagem através de operadores com infraestruturas fora dos limites da região de estudo, pelo que não foram considerados no caso de estudo.

O acréscimo de 8922.99 ton de resíduos orgânicos revelado a partir da análise dos inquéritos, corresponde a:

- a. 6978.86 ton, a lamas enviadas para valorização agrícola;
- b. 884.46 ton, a resíduos orgânicos valorizados, sendo que não é especificada nos inquéritos a forma de valorização;
- c. 603.68 ton, a resíduos enviados para aterro;
- d. 452.99 ton, a resíduos usados na alimentação animal.

Os quantitativos especificados nas alíneas a. b. e d. correspondem a resíduos valorizados ou reutilizados dentro e fora dos limites da área de estudo, mas por apresentarem uma estratégia de gestão, não foram considerados no caso de estudo.

Pela análise dos inquéritos verificou-se que em três das indústrias identificadas, à totalidade ou parte dos resíduos depositados em aterro foi atribuída indevidamente a categoria de outros nas guias de pesagem e que deveriam ter sido englobados no fluxo de resíduos orgânicos (quantitativo apresentado na alínea c.).

Deste facto resulta que o fluxo de resíduos considerados para o modelo IWM2, corresponde em termos de valor global ao apresentada na tabela 4.2 e na coluna referente às guias de pesagem, no entanto deve ser removido do fluxo de outros um quantitativo de 603.68 ton e adicionado ao fluxo de orgânicos. Na tabela 4.3 são apresentadas as quantidades e características da totalidade de resíduos industriais banais produzidos em 2003 na região de Santarém e que constituem a entrada de resíduos para o modelo IWM-2.

**Tabela 4.3 - Caracterização dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo (dados corrigidos)**

Resíduos (ton/ano)	
Papel e cartão	271.95
Vidro	5.76
Metal	93.10
Plástico	946.54
Têxteis	28.84
Orgânicos	2091.70
Outros	6741.35
<b>Total</b>	<b>10179.24</b>

Fonte: AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB e inquéritos às indústrias.

A partir dos dados constantes na tabela 4.3 detalhou-se a composição dos resíduos em percentagem por peso, conforme tabela 4.4.

**Tabela 4.4 – Composição dos RIB produzidos em 2003 na área de estudo**

Composição (% por peso)	
Papel e cartão	2.67
Vidro	0.06
Metal	0.91
Plástico	9.30
Têxteis	0.28
Orgânicos	20.55
Outros	66.23
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fonte: AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB e inquéritos às indústrias.

Da análise dos inquéritos foi possível especificar a composição detalhada do metal, em ferroso e não ferroso, respectivamente, 79.5 % e 20.5%. Foi igualmente possível detalhar a composição do plástico, em termos de % por peso, em filme e rígido, respectivamente, 97.5% e 2.5%.

Em relação à recolha de resíduos, os inquéritos permitiram estimar os dados que se descrevem a seguir.

Foi possível identificar a distância média em quilómetros, 49 km, desde o local de produção (indústria) até à unidade de triagem, bem como até ao tratamento biológico. Para aferir as distâncias nas indústrias inquiridas e em concreto, nos sistemas AMARTEJO e RESIURB, contou-se com o apoio do encarregado da RESIURB.

Os inquéritos permitiram igualmente conhecer os custos despendidos pelo produtor de resíduos, no caso concreto as indústrias, no acondicionamento e transporte dos resíduos encaminhados para triagem, valorização orgânica e aterro.

Os resíduos que são encaminhados para aterro apresentam os menores custos (74 €/ton.), enquanto que os resíduos encaminhados para valorização orgânica apresentam os maiores custos (117 €/ton.). Embora algumas indústrias tenham referido nos inquéritos as receitas provenientes da valorização dos resíduos orgânicos, estas não foram incluídas nos custos referidos.

Nos resíduos encaminhados para triagem, as indústrias despendem um custo de 99 €/ton. Este valor, tal como nos resíduos encaminhados para valorização orgânica, não inclui as receitas provenientes da venda dos resíduos.

Foi possível igualmente calcular para a triagem e tratamento biológico, o custo do transporte dos resíduos provenientes do processo para aterro (36 €/ton.). Assumiu-se que este valor é idêntico ao custo pago pela indústria no transporte dos resíduos para aterro.

## **4.2. Fase II - Descrição dos cenários, pressupostos e grelhas do modelo**

A partir do cenário que representa a situação actual da gestão de RIB enviados para aterro na área de estudo, são construídas três estratégias de gestão, em que se

aumenta a taxa de recuperação dos resíduos e consequentemente se maximiza o desvio de aterro.

Os resíduos considerados como unidade funcional do modelo e considerados como fluxo de entrada nos vários cenários estabelecidos, apresentam as seguintes características:

- industriais não perigosos<sup>4</sup>, e ao longo do estudo designados como resíduos industriais banais;
- produzidos no ano de 2003 na região de Santarém, excluindo os enviados para reciclagem e consequentemente geridos fora dos limites da região de Santarém e os encaminhados para valorização agrícola e alimentação animal. A quantidade de resíduos considerada no caso de estudo representa 43% do total de resíduos produzidos na área de estudo;
- provenientes das indústrias identificadas na região de Santarém, as quais totalizaram 142 para o período considerado, como se descreve em §3.2.

Em termos de quantitativos e características, a entrada de resíduos para os sistemas de gestão de resíduos nos diferentes cenários é apresentada na tabela 4.3, não obstante por uma questão de comodidade de leitura são apresentados novamente na tabela a seguir, juntamente com a sua composição.

**Tabela 4.5 – Entrada e composição de resíduos para os vários cenários**

Resíduos (ton/ano)		Composição (% por peso)
Papel e cartão	271.95	2.67
Vidro	5.76	0.06
Metal	93.10	0.91
Plástico	946.54	9.30
Têxteis	28.84	0.28
Orgânicos	2091.70	20.55
Outros	6741.35	66.23
<b>Total</b>	<b>10179.24</b>	<b>100.00</b>

Fonte: AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB e inquéritos às indústrias.

As estratégias definidas permitem comparar em relação ao caso base (cenário Aterro) qual a estratégia com maiores benefícios, quer em termos de custos quer ambientais.

A definição de um cenário requer a identificação de combinações específicas de localizações para as instalações de deposição e tratamento (Haastrup *et al.*, 1997), sendo que o primeiro cenário estabelecido integra apenas uma, um aterro existente, o segundo incorpora uma unidade de triagem também existente. O terceiro cenário incorpora uma central de digestão anaeróbia em fase de candidatura, enquanto que o quarto cenário é hipotético no que se refere à infraestrutura de tratamento biológico considerada (compostagem).

<sup>4</sup> A Resolução do Conselho de Ministros número 98/97 considera que os resíduos industriais não perigosos constituem um conjunto muito diversificado de resíduos que, no entanto, em termos globais, se podem considerar de perigosidade análoga à dos resíduos sólidos urbanos.

Cenário Aterro – Situação actual (ano 2003) da gestão dos resíduos industriais banais produzidos na área de estudo, excluindo os resíduos enviados para reciclagem e valorização orgânica.

Cenário Triagem – Maximizar a reciclagem, introdução de unidade de triagem.

Cenário Digestão Anaeróbia - introdução de tratamento biológico por digestão anaeróbica.

Cenário Compostagem – introdução de tratamento biológico por compostagem.

A pertinência dos cenários com introdução do tratamento biológico (digestão anaeróbia e compostagem) deve-se à predominância de indústrias alimentares e agro-indústrias na região de estudo.

#### 4.2.1. Considerações prévias

Em §4.2.1 são descritas as considerações efectuadas na concepção dos diferentes cenários. Começam por ser descritas as considerações gerais, sendo depois especificadas as relativas a cada uma das secções do modelo que foram exploradas nos diferentes cenários.

Os cenários foram testados no modelo IWM-2 versão 2.50, elaborado por McDougall *et al.* (2001). O modelo não permite efectuar alterações nas suas funcionalidades, pelo que foi utilizado como desenvolvido por McDougall *et al.* (2001).

Conforme as estratégias de gestão de resíduos a otimizar, assim se seleccionam no modelo os processos unitários a considerar em cada um dos cenários:

- as secções Entradas de resíduos e Recolha de resíduos por definirem o sistema de gestão de resíduos, no que se refere à produção e características dos resíduos a gerir, e à definição dos sistemas de recolha, são exploradas em todos os cenários. As características da secção Entradas de resíduos são comuns a todos os cenários, razão pela qual quer os dados inseridos pelo utilizador, quer os calculados e apresentados pelo modelo não diferem entre os cenários. Relativamente à secção Recolha de resíduos devido ao incremento da taxa de desvio de resíduos de aterro para outras opções, existem diferenças nas quantidades e características dos resíduos recolhidos e consequentemente nas grelhas que compõem a secção em causa;
- a secção Unidade de triagem que caracteriza o processo de triagem, é explorada nos cenários Triagem, Digestão Anaeróbia e Compostagem. Uma vez que o fluxo de entrada de resíduos e características do processo são as mesmos nos três cenários, as grelhas resultantes também não variam;
- nos cenários Digestão Anaeróbia e Compostagem é igualmente explorada a secção Tratamentos biológicos;
- a secção Deposição em aterro que caracteriza o processo aterro, está presente em todos os cenários, no entanto pelo aumento do desvio de resíduos de aterro do cenário Aterro até ao cenários com tratamento

biológico, a entrada de resíduos para esta operação, assim como a produção de biogás ( $\text{N/m}^3$ ) e lixiviado ( $\text{m}^3$ ), diferem entre os cenários; as restantes considerações e dados assumidos são constantes a todos os cenários. Nos cenários com tratamento biológico (cenários Digestão Anaeróbia e Compostagem) as grelhas que compõem a secção Aterro não apresentam diferenças.

Entendeu-se não se apresentarem as grelhas que se repetem nos diferentes cenários, resultantes das corridas do modelo, para facilitar a leitura deste trabalho.

No final do conjunto de grelhas que caracterizam cada uma das secções do modelo IWM-2 apresenta-se uma tabela onde são descritas as proveniências das variáveis e pressupostos assumidos no modelo.

As janelas das grelhas com o fundo em cinza referem-se a dados calculados e apresentados pelo modelo. Estes dados foram analisados quando se descreveu e apresentou o modelo IWM-2 em §2.4.2, razão pela qual não se faz qualquer referência aos mesmos nas corridas dos vários cenários.

Apresentadas as considerações gerais, seguidamente faz-se referência às considerações específicas das secções do modelo que foram exploradas.

Na secção Entradas de resíduos assumiu-se que a totalidade de resíduos produzidos enquadram-se na categoria de resíduos comerciais, ou seja, foi considerado que os resíduos industriais banais são equiparados a resíduos comerciais. Esta consideração para além de simplificar a utilização do modelo, permitiu não explorar outras grelhas que são não se adequam ao sistema de recolha que traduz o existente nas indústrias.

A utilização da grelha Resíduos comerciais recolhidos (figura 2.5 de §2.4.2), permitiu caracterizar os resíduos industriais banais produzidos na região em estudo através da quantidade total e composição dos diferentes fluxos de resíduos (percentagem em peso) e permitiu que a recolha dos mesmos traduzisse a existente nas indústrias identificadas na região de Santarém.

A recolha de resíduos na área de estudo é assumida por cada uma das indústrias individualmente, por isso considerou-se em todos os cenários, a existência para cada indústria de um circuito individual de recolha de resíduos, desde o local de produção dos resíduos (a própria indústria) até ao local de destino.

O local de destino consoante o cenário pode ser o aterro, a unidade de triagem ou a unidade de tratamento biológico. Não foram consideradas estações de transferência nos cenários equacionados.

No entanto se os resíduos industriais banais tivessem sido equiparados a resíduos domésticos, secção Resíduos domésticos recolhidos, ocorreriam alguns constrangimentos na utilização do modelo que se descrevem a seguir:

- na secção Entradas de resíduos e na grelha Área do sistema (figura 2.2 de §2.4.2), tinham que ser definidas a população, o número médio de pessoas por habitação e o número de casas servidas. Neste caso o utilizador podia fixar os dois primeiros dados de forma a que o número de habitações



correspondesse ao número de indústrias identificadas na área de estudo. O utilizador tinha que definir também, a percentagem de veículos ligeiros a gasolina e a gasóleo nas janelas relativas à distribuição dos veículos dos residentes na área de estudo. Mesmo que fosse definido que todos os veículos na área de estudo funcionavam a gasóleo, os consumos são muito distintos dos verificados num veículo pesado;

- ainda na secção Entrada de resíduos mas na grelha Resíduos domésticos recolhidos (figura 2.3 de §2.4.2), tinha que ser inserida a quantidade de resíduos produzidos por pessoa e por ano; embora o modelo utilize as quantidades totais para cálculo dos fluxos de entrada nas diferentes opções de tratamento equacionadas e os resultados finais resultem das opções de tratamento assumidas, a inserção deste dado não faz qualquer sentido tratando-se de um sistema que gere resíduos industriais;
- dada a complementaridade entre as secções Entrada de resíduos e Recolha de resíduos, nesta segunda tinham que ser definidos o número de habitações servidas por sistemas de recolha porta a porta e sistemas de recolha colectivos, respectivamente figuras 2.8 e 2.9 de §2.4.2. Neste caso podia-se assumir que este valor correspondia ao número de indústrias na área de estudo;
- na caracterização dos sistemas de recolha colectivos (figura 2.9 de §2.4.2) os dados inseridos prendem-se com o número de viagens realizados por ano pelos residentes até aos centros de recolha e a distância percorrida, como já se referiu os consumos de um veículo ligeiro a gasóleo e de um veículo pesado são distintos, e as emissões gasosas resultantes também. Por outro lado os sistemas de recolha colectivos traduzem a recolha por ecopontos (recolha separativa) ou por contentores (recolha indiferenciada).

Sendo que o modelo apresenta, na secção Triagem de resíduos em instalação de recuperação de materiais (MRF) ou para produção de combustível a partir dos resíduos (RDF), caixas de entrada para colocação dos preços de venda dos materiais processados na triagem, importa perceber os pressupostos assumidos nos valores que foram introduzidos.

A partir de 2006 estabeleceu-se que às empresas pertencentes aos sectores comércio, serviços e indústria seria atribuída uma compensação financeira (Valor de Informação e Motivação - VIM) para financiar a recolha dos fluxos de resíduos secos e assegurar que estes têm o melhor destino em termos ambientais.

Por não se encontrarem definidos os VIM, foram adoptados os valores de contrapartida estabelecidos para operadores privados (distribuição e indústria), para o ano de 2003 referidos por SPV (2003).

Nesta listagem a Sociedade Ponto Verde não define valores de contrapartida para os têxteis. Assim, consultaram-se vários operadores licenciados pelo Instituto de Resíduos (INR) na gestão de resíduos têxteis, e verificou-se que o valor de contrapartida depende do tipo de resíduos, pelo que se torna necessário uma amostra dos mesmos, para que se proceda à sua avaliação.

Atendendo a que os resíduos têxteis representam apenas 0,3% (em peso) do total de resíduos geridos na área de estudo, na secção Recolha de resíduos não foi considerada a sua recolha selectiva, sendo estes resíduos encaminhados para aterro nos vários cenários.

O modelo IWM-2 não permite a introdução de uma taxa de contaminação diferenciada para os fluxos de materiais na unidade de triagem.

Das pesquisas efectuadas, conseguiu-se apurar que os refugos à entrada da unidade de triagem de resíduos industriais banais são bastante variáveis pois dependem dos resíduos encaminhados, do conhecimento do produtor sobre o que deve ser encaminhado e da relação comercial deste com o operador de recolha e triagem.

Os dados apurados junto de operadores<sup>3</sup> que lidam como RIB, demonstram que 5% constitui um valor aceitável para o vidro, enquanto no plástico deve ser considerado um máximo de 10%. Não se conseguiram apurar as percentagens de contaminantes para o papel e metal.

Em todos os cenários considerou-se uma taxa de refugo na unidade triagem de 10%. Esta taxa foi introduzida em Avançadas, e seleccionando as opções Comercial e Triagem – Quantidade de materiais recicláveis secos perdidos como resíduo.

O modelo IWM-2 avalia as cargas ambientais associadas com o produto (resíduo) ao longo do seu ciclo de vida (McDougall *et al.*, 2001). Assim os materiais processados na triagem são encaminhados para reciclagem, resultando deste processo incidências sobre os custos, energia, resíduos sólidos finais, emissões gasosas e efluentes produzidos.

McDougall *et al.* (2001) referem que no IWM-2 o consumo de energia e emissões gasosas na produção de materiais reciclados são quantificados, e são posteriormente comparados com o consumo de energia e emissões associadas com a produção de uma quantidade equivalente de material virgem.

No entanto, face à dificuldade na obtenção de dados para a grelha relativa à secção Reciclagem e uma vez que as cargas ambientais ocorreriam fora dos limites da área de estudo considerada, os resultados obtidos pela aplicação do modelo para o processo de reciclagem, não foram considerados.

Pelo facto dos autores do modelo não referirem nada em contrário e a grelha Digestão Anaeróbia (figura 2.16 de §2.4.2) contemplar referências a composto e o modelo não permitir que as instalações de tratamento biológico por compostagem e por digestão anaeróbia funcionem em série, foi assumido que a digestão anaeróbia contempla a estabilização do digerido.

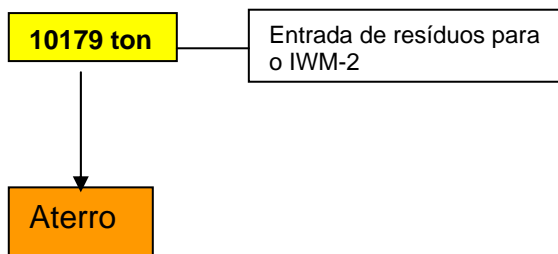
#### 4.2.2. Cenário Aterro – Situação actual (ano 2003)

Considera-se o cenário Aterro como o mais representativo da gestão actual dos resíduos industriais banais na área de estudo, ou seja, excluindo os resíduos

---

<sup>3</sup> No caso do vidro foi contactada a empresa VIDROCICLO, e nos plásticos, a IPODEC no caso dos filmes e em termos de plástico rígido as empresas SOCORSUL e SOCER.

industriais banais enviados para reciclagem através de operadores com infraestruturas fora dos limites da região de estudo e os resíduos orgânicos encaminhados para valorização agrícola ou alimentação animal, os que permanecem são encaminhados para o aterro, como apresentado na figura 4.2.



**Figura 4.2 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Aterro**

A partir do momento que o aterro de RIB, em Chamusca, iniciou a sua exploração, deixou de ser permitida a deposição de RIB nos aterros para RSU, o que justifica o facto do aterro de RIB da Chamusca (RIBTEJO) ser considerada a infraestrutura para eliminação dos resíduos produzidos.

Os RIB produzidos abandonam as indústrias e sem passar por qualquer outra infraestrutura de tratamento ou eliminação, são encaminhados directamente para aterro. Esta transferência é assegurada, em absoluto, pelas indústrias.

Face ao exposto anteriormente, para além das secções do modelo que caracterizam a produção e recolha de resíduos no sistema, e que são Entrada de resíduos e Recolha de resíduos, foi unicamente explorada a secção Deposição em aterro.

Seguidamente apresentam-se as variáveis e pressupostos assumidos em cada uma das operações consideradas e que permitiram efectuar a corrida do modelo (tabelas 4.6 a 4.8), e as próprias grelhas resultantes (figuras 4.3 a 4.10).

As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 e a tabela 4.6 correspondem à secção Entradas de resíduos do modelo, enquanto que as figuras 4.6, 4.7 e 4.8 e tabela 4.7 correspondem à secção Recolha de resíduos, as restantes figuras e tabela dizem respeito à secção Deposição em aterro.

**Figura 4.3 – Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Área do sistema)**

System Area | Collected Household Waste | Delivered Household Waste | Collected Commercial Waste | Input Summary

Commercial Waste Generation And Composition:

Amount generated (tonnes/year)

	Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles	Organics	Other	Total
Composition (% by weight)	<input type="text" value="2.7"/>	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="9.3"/>	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="20.5"/>	<input type="text" value="66.2"/>	<input type="text" value="100.0"/>

Detailed Metal Composition:

(% by weight) Ferrous  Non ferrous

Detailed Plastic Composition:

(% by weight) Film  Rigid

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 4.4 - Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos)**

System Area | Collected Household Waste | Delivered Household Waste | Collected Commercial Waste | Input Summary

Total Waste Input For This Scenario:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Total
(tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738	10.179

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 4.5 - Cenário Aterro: Entradas de resíduos (Sumário de entrada)**

**Tabela 4.6 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Entradas de resíduos do Cenário Aterro**

Entradas de resíduos			Referência
Área do sistema	Definição da área do sistema		O modelo não permite introduzir valores iguais a zero, no entanto como não se especificou a produção nem a recolha de resíduos domésticos, os valores apresentados não interferem nos resultados obtidos. Dada a complementaridade entre as secções Entradas de resíduos e Recolha de resíduos, o modelo mostra na grelha Área do sistema da secção Recolha de resíduos o valor de 1 na janela Número total de habitações na área do sistema. Por não terem sido especificadas as quantidades de resíduos domésticos na secção Entradas de resíduos o modelo não apresenta a grelha Resíduos domésticos recolhidos, não interferindo o valor 1 nos resultados obtidos.
	Distribuição dos veículos dos residentes		
Resíduos comerciais recolhidos	Produção e composição dos resíduos comerciais	Quantidade produzida	AMARTEJO, RESITEJO e RESIURB
		Composição (percentagem em peso)	
	Composição detalhada do metal (percentagem em peso)		Inquéritos às indústrias
	Composição detalhada do plástico (percentagem em peso)		

System Area
Collected Commercial Waste
Summary

IWM-2 allows you to model up to 4 Kerbside Collection Systems and up to 4 Material Bank Collection Systems within the system area. These systems are used to collect the waste specified in the Collected Household Waste section of the Waste Inputs screen

Each household in the system area may be served by one Kerbside Collection System only, one Material Bank Collection System only or by one of each.

IWM-2 will not allow the total amount of waste allocated to the collection systems to be greater than the total waste generated, as defined in the Waste Inputs screen

Kerbside Collection Systems:

Households Served  
% Number  
#1 0.0 0  
#2 0.0 0  
#3 0.0 0  
#4 0.0 0  
K.C.S. Total 0.0 0

Material Bank Collection Systems:

Households Served  
% Number  
#1 0.0 0  
#2 0.0 0  
#3 0.0 0  
#4 0.0 0  
M.B.C.S. Total 0.0 0

Total number of households in system area 1

For more information on how to define your collection systems, click this button >> [Help](#)

Streams
Results
Advanced
<< Back
Main
Next >>
Print
Glossary
Help

**Figura 4.6 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Área do sistema)**

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

Dry Recyclable Fractions Collected:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total
Material available (tonnes/year)	275	10	73	19	923	24	31	1.354
Material collected (tonnes/year)	0	0	0	0	0	0	0	0

Average distance to MRF (km each way)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

Biowaste Fractions Collected:

	Paper	Organics
Material available (tonnes/year)	275	2.087
Material collected (tonnes/year)	0	0

Average distance to biological treatment (km each way)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

Restwaste:

Total diesel fuel consumption including transport on to RDF, incinerator, transfer station or landfill (litres/year)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

\* Assume collection costs borne by commercial waste generator

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Figura 4.7 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos)

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

"Input" rows show total waste inputs. "Transferred" rows show total amount of waste identified, removed from restwaste stream and added to other streams. Note that these figures include contaminants. These summaries are used to make sure that the scenario does not collect more waste than is specified in Waste Inputs.

Collected Household Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Delivered Household Waste:

The amount of material recovered from delivered household waste is expressed as a percentage of the waste input. Therefore, it is not possible to collect more waste than specified in the Waste Inputs Section

Collected Commercial Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Figura 4.8 - Cenário Aterro: Recolha de resíduos (Sumário)

**Tabela 4.7 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Aterro**

Recolha de resíduos		Referência
Área do sistema		Embora este valor seja calculado e apresentado pelo modelo, é de referir que o mesmo aparece dada a complementaridade entre as secções Entradas de resíduos e Recolha de resíduos, como referido na tabela 4.6. No entanto por não terem sido especificadas as quantidades de resíduos domésticos na secção Entradas de resíduos, o modelo não apresenta a grelha Resíduos domésticos recolhidos, não interferindo o valor 1 nos resultados obtidos.
Resíduos comerciais recolhidos	Resíduos não segregados	Uma vez que as outras operações ou opções de tratamento não são consideradas no cenário em questão (nem nos restantes cenários explorados no caso de estudo), o valor apresentado refere-se apenas ao consumo de gasóleo no transporte dos resíduos para aterro. Assumiu-se que o valor obtido resulta da seguinte fórmula: $((\text{total de resíduos enviados para aterro/ carga de um veículo pesado}) \times (2 \times \text{distância média de transporte até ao aterro}) \times \text{consumo de gasóleo de um veículo pesado}).$ Esta fórmula foi baseada em formulações apresentadas por McDougall <i>et al.</i> (2001) no cálculo dos resultados relativos ao descritor energia. O total de resíduos enviados para aterro corresponde ao total de resíduos considerados no sistema, a distância média de transporte corresponde a 49 quilómetros e foi apurada através dos inquéritos realizados às indústrias. Os valores de consumo de gasóleo (0,328 litros/km) e a carga de um veículo pesado (20 toneladas) são apresentados por McDougall <i>et al.</i> (2001).
	Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada)	Inquéritos às indústrias. O valor apresentado inclui IVA.

Process Input | Transfer Station | Non-Hazardous Landfill Management & Costs | Hazardous Landfill Management & Costs

Non-Hazardous Landfill Stream Input:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Untreated Restwaste Remaining At This Stage:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738

Total Non-Hazardous Material Available For Landfilling:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738	0	0

Landfill Input:

	Non-Hazardous	Hazardous	Total
Amount (tonnes)	10.179	0	10.179
Proportion of waste input (%)	100.0	0.0	100.0

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 4.9 - Cenário Aterro: Deposição em aterro (Entrada no processo)**

Process Input	Transfer Station	Non-Hazardous Landfill Management & Costs	Hazardous Landfill Management & Costs
<b>Energy Consumption:</b> Electrical energy consumption of landfill site (kWh/tonne input) <input type="text" value="3.3"/> Diesel fuel consumption of landfill site (litres/tonne input) <input type="text" value="2.0"/>			
<b>Landfill Gas:</b> <div>             Landfill gas generated (Nm3) <input type="text" value="598.016"/>             Energy recovered from gas (%) <input type="text" value="0.0"/> </div> <div>             Landfill gas collected (%) <input type="text" value="65.0"/>             Efficiency of electricity generation (%) <input type="text" value="0.0"/> </div> <div>             Landfill gas released (%) <input type="text" value="35.0"/>             Market price for electricity (£/kWh) <input type="text" value="0.000"/> </div>			
<b>Leachate:</b> <div>             Leachate generated (m3) <input type="text" value="1.527"/> </div> <div>             Leachate collected (%) <input type="text" value="95.0"/>             Leachate treatment efficiency (%) <input type="text" value="85.0"/> </div> <div>             Leachate released (%) <input type="text" value="5.0"/>             Efficiency of collection and treatment process (%) <input type="text" value="80.8"/> </div>			
<b>Costs:</b> <div>             Transfer and transport cost of restwaste (£/tonne) <input type="text" value="36.0"/> </div> <div>             Landfill cost (£/tonne) <input type="text" value="6.6"/> </div>			
Streams	Results	Advanced	<input type="button" value=" &lt;&lt; Back"/> <input type="button" value=" Main"/> <input type="button" value=" Next &gt;&gt;"/> <input type="button" value=" Print"/> <input type="button" value=" Glossary"/> <input type="button" value=" Help"/>

**Figura 4.10 - Cenário Aterro: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos)**



**Tabela 4.8 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Deposição em aterro do Cenário Aterro**

<b>Aterro</b>			<b>Referência</b>
Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos	Consumo de energia	Consumo de energia eléctrica no aterro (kWh/tonelada que entra)	Dados fornecidos pelos sistemas RESITEJO e RESIURB.
		Consumo de gasóleo no aterro (litros/tonelada que entra)	Face à equiparação de infraestruturas e equipamentos dos aterros destes sistemas intermunicipais e o aterro da RIBTEJO, entendeu-se usar estas fontes de informação.
	Biogás	Percentagem de biogás recolhido	Valor apresentado por McDougall <i>et al.</i> (2001). Quer o aterro da RIBTEJO quer os restantes aterros instalados na região de Santarém não possuem valores para este item.
		Percentagem de energia recuperada a partir do biogás	No aterro da RIBTEJO não existe ainda recuperação de energia a partir do biogás, desta forma nestas janelas foram introduzidos os valores zero.
		Eficiência da produção de electricidade em percentagem	
		Preço de Mercado para a electricidade (€/kWh)	
	Lixiviado	Percentagem de lixiviado recolhido (%)	Foi assumido o valor de 95% por não se dispor de outros dados.
		Eficiência do tratamento do lixiviado (%)	Aterro RIBTEJO O valor inserido refere-se ao parâmetro condutividade.
	Custos	Custo de transferência e transporte dos resíduos não segregados (€/tonelada)	Inquéritos às indústrias. O valor foi afectado do IVA.
		Custo do aterro (€/tonelada)	RESIURB McDougall <i>et al.</i> (2001) referem que este valor deve incluir os custos da compra do terreno, da construção e operação do aterro, da venda de biogás, tratamento de biogás e lixiviado, e da selagem e monitorização do aterro. O custo inserido nesta janela apenas comporta o custo de operação. O valor inclui o IVA.

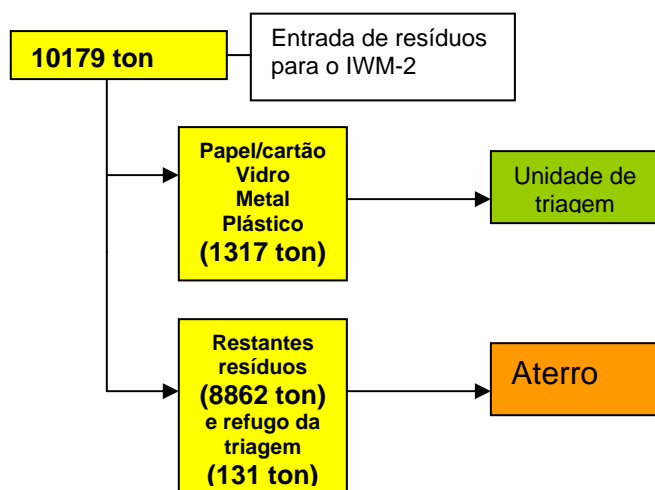
#### 4.2.3. Cenário Triagem – Maximizar a reciclagem

Neste cenário para além da infraestrutura considerada no cenário Aterro, é introduzida uma unidade de triagem. Para efeitos de localização foi considerada a unidade de triagem instalada na região de estudo (unidade de triagem da RESITEJO).

Esta unidade localiza-se junto aos aterros da RESITEJO e RIBTEJO, e embora tenha sido concebida para o processamento dos resíduos provenientes da recolha selectiva dos ecopontos, neste cenário foi equacionada também a sua utilização para os materiais equiparados provenientes da indústria.

Com a introdução de uma unidade de triagem neste cenário pretende-se maximizar a reciclagem dos recursos a partir dos resíduos com a sequente minimização da necessidade de aterro. Os fluxos de materiais: papel/cartão, vidro, metal e plástico, constituem a entrada de materiais para a infraestrutura em questão, sendo apenas

depositados em aterro os restantes fluxos de resíduos (têxteis, orgânicos e outros) e o refugo resultante da própria unidade de triagem, como apresentado na figura 4.11.



**Figura 4.11 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Triagem**

Face ao exposto anteriormente, para além das secções do modelo consideradas no cenário Aterro e que foram Entradas de resíduos, Recolha de resíduos e Deposição em aterro, foi explorada a secção relativa à unidade de triagem.

Seguidamente apresentam-se as variáveis e pressupostos assumidos em cada uma das operações consideradas e que permitiram efectuar a corrida do modelo (tabelas 4.9 e 4.10), e as próprias grelhas resultantes (figuras 4.12 a 4.16).

As figuras 4.12 e 4.13 e tabela 4.9 correspondem à secção Recolha de resíduos do modelo, enquanto que a figura 4.14 e tabela 4.10 correspondem à secção relativa à unidade de triagem, as restantes figuras referem-se à secção Deposição em aterro.

Não se apresentam as grelhas respeitantes à secção Entradas de resíduos, por se manterem inalterados todos os dados apresentados no cenário Aterro. Esta situação verificou-se igualmente na grelha Área do sistema relativa à recolha de resíduos.

As grelhas constantes das figuras 4.15 e 4.16, e relativas à secção Deposição em aterro foram apresentadas dado que as entradas de materiais para o aterro (grelha Entrada do processo), bem como as produções de biogás ( $N/m^3$ ) e lixiviado ( $m^3$ ) constantes na grelha Custos e gestão de aterro para resíduos não-perigosos, diferem entre os cenários Triagem e Aterro. Todos os restantes dados apresentados nas grelhas não sofreram quaisquer alterações.

Entendeu-se por isso não apresentar a tabela explicativa quanto às variáveis e pressupostos assumidos no processo aterro, uma vez que os apresentados para o cenário Aterro, tabela 4.8, mantêm-se válidos.

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

Dry Recyclable Fractions Collected:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total
Material available (tonnes/year)	275	10	73	19	923	24	31	1.354
Material collected (tonnes/year)	272	10	72	18	914	23	0	1.309

Average distance to MRF (km each way)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

Biowaste Fractions Collected:

	Paper	Organics
Material available (tonnes/year)	3	2.087
Material collected (tonnes/year)	0	0

Average distance to biological treatment (km each way)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

Restwaste:

Total diesel fuel consumption including transport on to RDF, incinerator, transfer station or landfill (litres/year)

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\*

\* Assume collection costs borne by commercial waste generator

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Figura 4.12 - Cenário Triagem: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos)

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

"Input" rows show total waste inputs. "Transferred" rows show total amount of waste identified, removed from restwaste stream and added to other streams. Note that these figures include contaminants.  
These summaries are used to make sure that the scenario does not collect more waste than is specified in Waste Inputs.

Collected Household Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Delivered Household Waste:

The amount of material recovered from delivered household waste is expressed as a percentage of the waste input. Therefore, it is not possible to collect more waste than specified in the Waste Inputs Section

Collected Commercial Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738
Transferred (tonnes)	272	10	72	18	914	23	0	0	0
Restwaste (tonnes)	3	0	1	1	9	1	31	2.087	6.738

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Figura 4.13 - Cenário Triagem: Recolha de resíduos (Sumário)

**Tabela 4.9 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Triagem**

<b>Recolha de resíduos</b>			<b>Referência</b>
Resíduos comerciais recolhidos	Fracções recolhidas para triagem	Material recolhido (toneladas/ano)	Os resíduos industriais encontram-se menos misturados que os resíduos domésticos, deste modo considerou-se que do material disponível para triagem e que é calculado pelo modelo apenas 1% não é recolhido.
		Distância média para triagem (quilómetros em cada sentido)	Inquéritos às indústrias.
		Custo pago pelo produtor para a gestão de resíduos (€/tonelada)	Inquéritos às indústrias. Este valor refere-se ao custo médio despendido pelas indústrias no acondicionamento e transporte dos resíduos enviados para triagem. Os custos foram afectados de IVA.
	Resíduos não segregados	Consumo total de gasóleo incluindo o transporte para RDF, incineradora, estação de transferência ou aterro	O valor resulta da aplicação da mesma fórmula, assumindo os mesmos pressupostos que os referidos na tabela 4.7. O consumo de gasóleo é menor no cenário Triagem comparativamente com o cenário Aterro, devido à introdução de uma maior taxa de desvio.
		Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada)	Idêntica referência à apresentada na tabela 4.7.

MRF Sorting | cRDF Sorting | dRDF Sorting |

MRF Sorting Stream:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Plant input (tonnes)	272	10	72	18	914	23	0	0	0
Residue (tonnes)	27	1	7	2	91	2	0	0	0
Output (tonnes)	245	9	65	16	823	21	0	0	0

Destination For Outputs:

	Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles
Recycling (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PPDF burning (%)	0.0			0.0	

MRF Energy And Fuel Consumption:

Electrical (kWh/tonne input)

Diesel (litres/tonne input)

Natural gas (m3/tonne input)

Residue Treatment:

	Treatment (%)	Transport distance (km each way)	Transport cost (£/tonne)
Incineration	0.0	0	0
Landfill	100.0	1	36

Processing Costs:

(£/tonne input)

Revenue From Sale Of Materials To Reprocessor:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles
(£/tonne)	64	28	104	944	408	148	0

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> |  | Glossary | Help

**Figura 4.14 - Cenário Triagem: Unidade de triagem**

**Tabela 4.10 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Unidade de triagem do Cenário Triagem**

<b>Unidade de triagem</b>		<b>Referência</b>
Destino para os materiais que saem da instalação (resíduos processados)		Considerou-se que o papel e plástico processados na unidade de triagem têm como destino a reciclagem. Para os restantes materiais e como referido em §2.4.2 o modelo considera igualmente o seu encaminhamento para reciclagem.
Consumo de energia eléctrica e combustível na triagem	Energia eléctrica (kWh/tonelada de material que entra)	A VALNOR <sup>1</sup> forneceu o valor do consumo eléctrico na unidade de triagem por tonelada de material que entra (0.075 kWh/ton). Como o modelo permite apenas a introdução de valores com uma casa decimal, considerou-se o valor de 0.1.
	Combustível (litros/tonelada de material que entra)	Este dado foi igualmente fornecido pela VALNOR <sup>1</sup> (0.005 litros/tonelada que entra na unidade). Pelas mesmas razões que as invocadas para o consumo eléctrico, assumiu-se o valor zero.
Tratamento do resíduo	Porcentagem de tratamento	Considerou-se que o refugo proveniente da unidade de triagem foi encaminhado na sua totalidade para aterro.
	Distância de transporte (quilómetros em cada sentido)	O valor inserido corresponde à distância entre a unidade de triagem da RESITEJO e a célula de deposição do aterro RIBTEJO.
	Custo de transporte (€/tonelada)	Inquéritos às indústrias. O custo de transporte encontra-se afectado do IVA.
Custos de processamento (€/tonelada de material que entra)		Informação fornecida pela empresa RENASCIMENTO <sup>2</sup> . Os custos de processamento incluem o valor do IVA.
Receitas da venda de materiais para reprocessamento (€/tonelada)		A partir de 2006 estabeleceu-se que às empresas pertencentes aos sectores comércio, serviços e indústria seria atribuída uma compensação financeira (Valor de Informação e Motivação - VIM) para financiar a recolha dos materiais. Por não se encontrarem definidos os VIM, foram adoptados os valores de contrapartida estabelecidos para operadores privados (distribuição e indústria), para o ano de 2003 referidos por SPV (2003).

(1) VALNOR – empresa de gestão de resíduos sólidos urbanos do norte alentejano.

(2) RENASCIMENTO - empresa vocacionada para gestão de resíduos (incluindo os industriais) ao nível da recolha selectiva, triagem, valorização, reutilização, transporte de resíduos sólidos e encaminhamento para destino final.

Process Input		Transfer Station		Non-Hazardous Landfill Management & Costs		Hazardous Landfill Management & Costs				
Non-Hazardous Landfill Stream Input:										
Paper (tonnes)	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
27	1	7	2	91	2	0	0	0	0	0
Untreated Restwaste Remaining At This Stage:										
Paper (tonnes)	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other		
3	0	1	1	9	1	31	2.087	6.738		
Total Non-Hazardous Material Available For Landfilling:										
Paper (tonnes)	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
30	1	8	3	100	3	31	2.087	6.738	0	0
Landfill Input:										
		Non-Hazardous		Hazardous		Total				
Amount (tonnes)		9.001		0		9.001				
Proportion of waste input (%)		88.4		0.0		88.4				
<div>Streams</div> <div>Results</div> <div>Advanced</div> <div>&lt;&lt; Back</div> <div>Main</div> <div>Next &gt;&gt;</div> <div>Print</div> <div>Glossary</div> <div>Help</div>										

**Figura 4.15 – Cenário Triagem: Deposição em aterro (Entrada no processo)**

Process Input	Transfer Station	Non-Hazardous Landfill Management & Costs	Hazardous Landfill Management & Costs
<b>Energy Consumption:</b>			
Electrical energy consumption of landfill site (kWh/tonne input)		3.3	
Diesel fuel consumption of landfill site (litres/tonne input)		2.0	
<b>Landfill Gas:</b>			
Landfill gas generated (Nm3)		536.816	
Landfill gas collected (%)		65.0	
Landfill gas released (%)		35.0	
Energy recovered from gas (%)		0.0	
Efficiency of electricity generation (%)		0.0	
Market price for electricity (£/kWh)		0.000	
<b>Leachate:</b>			
Leachate generated (m3)		1.350	
Leachate collected (%)		95.0	
Leachate released (%)		5.0	
Leachate treatment efficiency (%)		85.0	
Efficiency of collection and treatment process (%)		80.8	
<b>Costs:</b>			
Transfer and transport cost of restwaste (£/tonne)		36.0	
Landfill cost (£/tonne)		6.6	
Streams	Results	Advanced	<< Back    Main    Next >>    Print    Glossary    Help

**Figura 4.16 - Cenário Triagem: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos)**

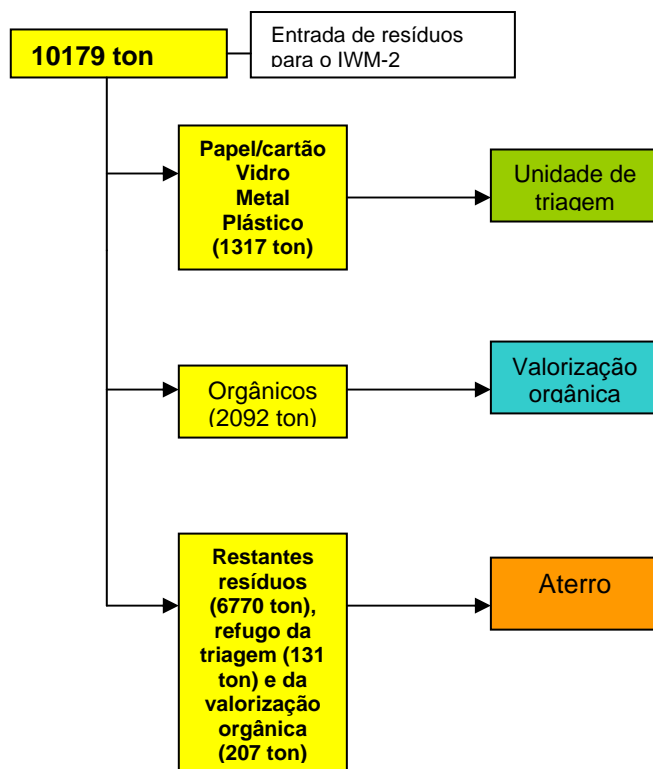
#### 4.2.4. Cenário Digestão Anaeróbia – Maximizar a reciclagem e a valorização orgânica

O cenário Digestão Anaeróbia para além das infraestruturas contempladas no cenário Triagem, incorpora uma unidade de valorização orgânica por digestão anaeróbia.

Em termos de localização da unidade de digestão anaeróbica considerou-se a infraestrutura a construir na Chamusca, junto dos aterros sanitários da RESITEJO e RIBTEJO, e da unidade de triagem adoptada no cenário anterior.

A unidade de digestão anaeróbica encontra-se em fase de candidatura e a sua projecção resultou das metas propostas no Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, e veiculadas igualmente na estratégia nacional para a redução dos resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) destinados aos aterros, apresentada pelo INR em 2003. Neste cenário a recepção exclusiva de resíduos urbanos biodegradáveis, preconizada para a unidade prevista para a Chamusca, foi estendida a resíduos orgânicos equiparados.

Assim neste cenário para além dos materiais desviados de aterro e encaminhados para triagem, como estabelecido no anterior cenário, os resíduos orgânicos são igualmente desviados de eliminação e valorizados através de tratamento biológico por digestão anaeróbia. Deste modo apenas, os resíduos que não apresentam potencial de valorização (outros e têxteis) e o refugo das unidades de valorização orgânica e de triagem são eliminados em aterro, como apresentado na figura 4.17.



**Figura 4.17 – Fluxo de resíduos relativo ao cenário Digestão Anaeróbia**

Face ao exposto anteriormente, para além das secções do modelo consideradas no cenário Triagem e que foram Entradas de resíduos, Recolha de resíduos, Unidade de triagem e Deposição em aterro, foi explorada a secção relativa ao tratamento biológico.

Seguidamente apresentam-se as variáveis e pressupostos assumidos em cada uma das operações consideradas e que permitiram efectuar a corrida do modelo (tabelas 4.11 e 4.12), e as grelhas resultantes (figuras 4.18 a 4.23).

As figuras 4.18 e 4.19 e tabela 4.11 correspondem à secção Recolha de resíduos do modelo, enquanto que as figuras 4.20 e 4.21 e tabela 4.12 correspondem à secção Tratamentos biológicos, as restantes figuras dizem respeito à secção Deposição em aterro.

Não se apresentam as grelhas respeitantes à secção Entradas de resíduos, por se manterem inalterados os dados apresentados no cenário Aterro. Esta situação verificou-se igualmente na grelha Área do Sistema relativa à secção Recolha de resíduos.

A grelha relativa à Unidade de triagem assim como as variáveis e considerações assumidas na exploração da mesma não se apresentam por não ocorrerem alterações comparativamente ao cenário Triagem.

As grelhas constantes das figuras 4.22 e 4.23, e relativas à secção Deposição em aterro foram apresentadas dado que as entradas de materiais para o aterro (grelha Entrada no processo) bem como as produções de biogás ( $N/m^3$ ) e lixiviado ( $m^3$ ) constantes na grelha Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos, diferem entre os cenários Triagem e Digestão Anaeróbia. Os restantes dados

mostrados nas grelhas não sofreram quaisquer alterações. Entendeu-se por isso não apresentar a tabela explicativa quanto às variáveis e pressupostos assumidos no processo aterro, uma vez que os apresentados para o cenário Aterro, tabela 4.8, mantêm-se válidos.

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

Dry Recyclable Fractions Collected:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Total
Material available (tonnes/year)	275	10	73	19	923	24	31	1.354
Material collected (tonnes/year)	272	10	72	18	914	23	0	1.309

Average distance to MRF (km each way) 49

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\* 99.00

Biowaste Fractions Collected:

	Paper	Organics
Material available (tonnes/year)	3	2.087
Material collected (tonnes/year)	0	2.066

Average distance to biological treatment (km each way) 49

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\* 117.00

Restwaste:

Total diesel fuel consumption including transport on to RDF, incinerator, transfer station or landfill (litres/year) 11.016

Cost charged to waste generator for waste management (£/tonne)\* 74.00

\* Assume collection costs borne by commercial waste generator

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 4.18 - Cenário Digestão Anaeróbia: Recolha de resíduos (Resíduos comerciais recolhidos)**

System Area | Collected Commercial Waste | Summary

"Input" rows show total waste inputs. "Transferred" rows show total amount of waste identified, removed from restwaste stream and added to other streams. Note that these figures include contaminants.

These summaries are used to make sure that the scenario does not collect more waste than is specified in Waste Inputs.

Collected Household Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferred (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restwaste (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Delivered Household Waste:

The amount of material recovered from delivered household waste is expressed as a percentage of the waste input. Therefore, it is not possible to collect more waste than specified in the Waste Inputs Section

Collected Commercial Waste:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Input (tonnes)	275	10	73	19	923	24	31	2.087	6.738
Transferred (tonnes)	272	10	72	18	914	23	0	2.066	0
Restwaste (tonnes)	3	0	1	1	9	1	31	21	6.738

Streams | Results | Advanced | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

**Figura 4.19 - Cenário Digestão Anaeróbia: Recolha de resíduos (Sumário)**



**Tabela 4.11 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Recolha de resíduos do Cenário Digestão Anaeróbia**

<b>Recolha de resíduos</b>			<b>Referência</b>
Resíduos Comerciais Recolhidos	Fracções recolhidas para a triagem	Material recolhido (toneladas/ano)	Os valores e pressupostos assumidos são idênticos ao apresentados na tabela 4.9.
		Distância média para triagem (quilómetros em cada sentido)	
		Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada)	
	Fracções orgânicas recolhidas	Material recolhido (toneladas/ano)	Foi assumido que do total de resíduos orgânicos disponíveis para tratamento biológico, calculado pelo modelo, apenas 1% não é recolhido. McDougall <i>et al.</i> (2001) referem que o tratamento biológico pode ser usado para tratar as fracções orgânica e papel/cartão não reciclável. No caso de estudo apenas se considerou a primeira fracção, por não terem sido apuradas nas guias de pesagem dos RIB e nos inquéritos realizados às indústrias quantitativos relativos a papel/cartão não reciclável.
		Distância média ao tratamento biológico (quilómetros em cada sentido)	Inquéritos às indústrias.
		Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada)	Inquéritos às indústrias. Este valor refere-se ao custo médio despendido pelas indústrias no acondicionamento e transporte dos resíduos enviados para valorização orgânica. Os custos foram afectados de IVA.
	Resíduos não segregados	Consumo total de gasóleo incluindo o transporte para RDF, incineradora, estação de triagem ou aterro	Assumindo os mesmos pressupostos que os referidos na tabela 4.7, o valor resulta da aplicação da mesma fórmula. O consumo de gasóleo é menor no cenário Digestão Anaeróbia comparativamente com o cenário Triagem, devido à maior taxa de desvio conseguida com a introdução do tratamento biológico.
		Custo suportado pelo produtor na gestão de resíduos (€/tonelada)	Igual referência à apresentada na tabela 4.7.

Process Inputs | Composting | Biogasification

Biological Stream Input:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0

Restwaste Added To Biological Stream At This Stage:

(%)

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Total Material Available For Biological Treatments:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0

Destination For Material Available For Biological Treatments

	Composting	Biogasification	Landfill
(%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Streams Results Advanced << Back Main Next >> Print Glossary Help

Figura 4.20 - Cenário Digestão Anaeróbia: Tratamentos biológicos (Entradas no processo)

Process Inputs | Composting | Biogasification

Biogasification Input And Presort:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Plant input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0
Presort recovery (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Presort residue (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Process input (tonnes)	0							1.859	

Biogasification Process:

Mass loss (%)\*

BG Compost produced (tonnes)

BG Compost marketable (%)

Energy consumption (kWh/tonne of plant input)

Energy production (kWh/tonne of process input)

\* due to moisture loss and degradation. Range: 40% to 80%

Revenue From Recovered Materials:

	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles
(€/tonne)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Residue:

	Incineration	Landfill
Sorting residue treatment (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Compost residue treatment (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Transport distance (km each way)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>
Transport cost (€/tonne)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="36.0"/>

Costs:

Processing (€/tonne plant input)

Market price for compost (€/tonne)

Market price for electricity (€/kWh)

Streams Results Advanced << Back Main Next >> Print Glossary Help

Figura 4.21 - Cenário Digestão Anaeróbia: Tratamentos biológicos (Digestão anaeróbia)

**Tabela 4.12 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Tratamentos biológicos “Tratamentos biológicos” do Cenário Digestão Anaeróbia**

<b>Tratamentos biológicos</b>			<b>Referência</b>
Entradas no processo	Resíduos não segregados adicionados ao fluxo biológico nesta etapa (%)		Assumiu-se que não foram adicionados ao tratamento biológico quaisquer resíduos não segregados. McDougall <i>et al.</i> (2001) consideram que os não segregados são resíduos que não passaram em nenhum processo unitário ou de tratamento.
	Destino do material disponível para tratamento biológico		Assumiu-se que todo o material disponível para tratamento biológico foi encaminhado para digestão anaeróbia.
Digestão anaeróbia	Separação prévia e fluxo de entrada na digestão	Recuperação na separação prévia (%)	Os materiais vidro, metal, plástico e têxteis são desviados do tratamento biológico, razão pela qual não foi considerada qualquer taxa de recuperação.
		Resíduo da separação prévia (%)	Assumiu-se que da entrada de material na unidade de valorização orgânica 10% sai como refugo. (McDougall <i>et al.</i> , (2001), referem que da fracção orgânica 2.5% é eliminado como refugo, numa fase de pré-separação.
	Processo de digestão anaeróbia	Perdas de matéria em percentagem	EUNOMIA Research & Consulting, s.d. De acordo com McDougall <i>et al.</i> (2001), as perdas de matéria, devido às emissões líquidas e degradação devem compreender-se entre 40 a 80%.
		Composto vendável em percentagem	Assumiu-se a existência de um mercado para o composto produzido
		Consumo de energia (kWh/tonelada de material que entra na instalação)	McDougall <i>et al.</i> (2001) referem como valor típico 50 kWh/ton.
		Produção de energia (kWh/tonelada de material que entra no processo)	McDougall <i>et al.</i> (2001) referem como valor típico de 190 kWh/ton.
	Resíduo	Tratamento do resíduo do processo de separação (%)	Assumiu-se que todo o resíduo do processo de separação é enviado para aterro. Neste caso o resíduo resultante é 10 % da quantidade total de material que entra na instalação
		Tratamento do composto considerado como resíduo (%)	Neste caso como se assume que todo o composto é vendável, não existe composto que deva ser considerado resíduo.
		Distância de transporte (quilómetros em cada sentido)	Distância média, segundo RESITEJO, que se perspectiva entre a unidade de valorização orgânica e o aterro RIBTEJO.
		Custo de transporte(€/tonelada)	Inquérito às indústrias.
	Receita dos materiais recuperados(€/tonelada)		Os materiais vidro, metal, plástico e têxteis são desviados do tratamento biológico, razão pela qual não foi considerada qualquer taxa de recuperação e consequentemente não são apresentados as receitas provenientes dos materiais recuperados.
	Custos	Processamento (€/tonelada de material que entra)	EUNOMIA Research & Consulting, s.d. Valor real de uma instalação alemã, com 15 10 <sup>3</sup> ton./ano de capacidade de processamento.
		Preço de mercado para o composto (€/tonelada)	EUNOMIA Research & Consulting, s.d.
		Preço de mercado para a electricidade (€/kWh)	EUNOMIA Research & Consulting, s.d. Tratando-se de uma energia verde, considerou-se o valor de 0.07 €/KWh.

Process Input		Transfer Station		Non-Hazardous Landfill Management & Costs		Hazardous Landfill Management & Costs					
Non-Hazardous Landfill Stream Input:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	27	1	7	2	91	2	0	207	0	0	0
Untreated Restwaste Remaining At This Stage:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other		
(tonnes)	3	0	1	1	9	1	31	21	6.738		
Total Non-Hazardous Material Available For Landfilling:											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Bottom Ash
(tonnes)	30	1	8	3	100	3	31	227	6.738	0	0
Landfill Input:											
			Non-Hazardous		Hazardous		Total				
Amount (tonnes)			7.142		0		7.142				
Proportion of waste input (%)			70.2		0.0		70.2				
<div>Streams</div> <div>Results</div> <div>Advanced</div> <div>&lt;&lt; Back</div> <div>Main</div> <div>Next &gt;&gt;</div> <div>Print</div> <div>Glossary</div> <div>Help</div>											

**Figura 4.22 – Cenário Digestão Anaeróbia: Deposição em aterro (Entrada no processo)**

Process Input		Transfer Station		Non-Hazardous Landfill Management & Costs		Hazardous Landfill Management & Costs	
Energy Consumption:							
Electrical energy consumption of landfill site (kWh/tonne input)				3.3			
Diesel fuel consumption of landfill site (litres/tonne input)				2.0			
Landfill Gas:							
Landfill gas generated (Nm3)				71.966			
Landfill gas collected (%)				65.0			
Landfill gas released (%)				35.0			
Energy recovered from gas (%)				0.0			
Efficiency of electricity generation (%)				30.0			
Market price for electricity (£/kWh)				0.000			
Leachate:							
Leachate generated (m3)				1.071			
Leachate collected (%)				95.0			
Leachate released (%)				5.0			
Leachate treatment efficiency (%)				85.0			
Efficiency of collection and treatment process (%)				80.8			
Costs:							
Transfer and transport cost of restwaste (£/tonne)				36.0			
Landfill cost (£/tonne)				6.6			
<div>Streams</div> <div>Results</div> <div>Advanced</div> <div>&lt;&lt; Back</div> <div>Main</div> <div>Next &gt;&gt;</div> <div>Print</div> <div>Glossary</div> <div>Help</div>							

**Figura 4.23 - Cenário Digestão Anaeróbia: Deposição em aterro (Custos e gestão de aterro para resíduos não perigosos)**

#### 4.2.5. Cenário Compostagem – Maximizar a reciclagem e a valorização orgânica

O cenário Compostagem em termos de tipologia das infraestruturas apresenta as mesmas que o cenário Digestão Anaeróbia, a diferença reside no tipo de tratamento biológico considerado.

A unidade de compostagem considerada não é real, no entanto em termos de localização e características de resíduos recepcionados equipara-se à unidade de valorização orgânica contemplada no cenário Digestão Anaeróbia.

O fluxo de resíduos apresentado na figura 4.17 mantém-se válido para o cenário Compostagem, pelo que, para além dos materiais desviados de aterro e encaminhados para triagem, os resíduos orgânicos são igualmente desviados de eliminação e valorizados através de tratamento biológico por compostagem.

Face ao exposto anteriormente, as secções do modelo consideradas no cenário Compostagem são as mesmas que no cenário Digestão Anaeróbia.

Seguidamente apresentam-se as variáveis e pressupostos assumidos no tratamento biológico e que permitiram efectuar a corrida do modelo (tabela 4.13) e as grelhas resultantes (figuras 4.24 e 4.25).

Não se apresentam as grelhas respeitantes à secção Entrada de resíduos, por se manterem inalterados todos os dados apresentados no cenário Aterro. Esta situação verificou-se igualmente na grelha Área do sistema relativa à secção Recolha de resíduos.

As grelhas Resíduos comerciais recolhidos e Sumário relativas à secção Recolha de resíduos, mantêm-se inalteradas comparativamente ao cenário Digestão Anaeróbia, razão pela qual não são apresentadas.

A grelha relativa à Unidade de triagem, assim como as variáveis e considerações assumidas na exploração da mesma não se apresentam por não ocorrerem alterações comparativamente ao cenário Triagem.

As grelhas relativas à secção Deposição em aterro não sofreram alterações relativamente ao cenário anterior, entendeu-se por isso não apresentá-las.

Process Inputs | Composting | Biogasification

Biological Stream Input:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0

Restwaste Added To Biological Stream At This Stage:

(%)

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Total Material Available For Biological Treatments:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
(tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0

Destination For Material Available For Biological Treatments

	Composting	Biogasification	Landfill
(%)	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Streams Results Advanced << Back Main Next >> Print Glossary Help

Figura 4.24 - Cenário Compostagem: Tratamentos biológicos (Entradas no processo)

Process Inputs | Composting | Biogasification

Composting Input And Presort:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Plant input (tonnes)	0	0	0	0	0	0	0	2.066	0
Presort recovery (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Presort residue (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Process input (tonnes)	0							1.859	

Composting Process:

Mass loss (%)\*

Compost produced (tonnes)

Compost marketable (%)

Energy consumption (kWh/tonne of plant input)

\* due to moisture loss and degradation. Range: 30% to 60%

Residue:

	Incineration	Landfill
Sorting residue treatment (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Compost residue treatment (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Transport distance (km each way)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>
Transport cost (£/tonne)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="36.0"/>

Revenue From Recovered Materials:

	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles
(£/tonne)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Costs:

Processing (£/tonne plant input)

Market price for compost (£/tonne)

Streams Results Advanced << Back Main Next >> Print Glossary Help

Figura 4.25 - Cenário Compostagem: Tratamentos biológicos (Compostagem)

**Tabela 4.13 – Apresentação de variáveis e pressupostos utilizados na secção Tratamentos biológicos “Tratamentos biológicos” do cenário Compostagem**

<b>Tratamentos biológicos</b>			<b>Referência</b>
Entradas no processo	Resíduos não segregados adicionados ao fluxo biológico nesta etapa (%)		Foram assumidos os mesmos pressupostos que no cenário Digestão Anaeróbia (tabela 4.12).
	Destino do material disponível para tratamento biológico		Assumiu-se que todo o material disponível para tratamento biológico foi encaminhado para compostagem.
Compostagem	Separação prévia e fluxo de entrada na compostagem	Recuperação na separação prévia (%)	Consideraram-se os mesmos pressupostos que os referidos na tabela 4.12.
		Resíduo da separação prévia (%)	
	Processo de compostagem	Perdas de matéria em percentagem	De acordo com McDougall <i>et al.</i> (2001), as perdas de matéria, devido às emissões líquidas e degradação devem compreender-se entre 30 a 60%, sendo 50% um valor genérico.
		Composto vendável em percentagem	Assumiu-se o mesmo pressuposto que o constante da tabela 4.12.
		Consumo de energia (kWh/tonelada de material que entra na instalação)	McDougall <i>et al.</i> (2001) referem como valor típico 30 kWh/ton.
	Resíduo	Tratamento do resíduo do processo de separação (%)	Foram adoptados os mesmos pressupostos que os referidos na tabela 4.12.
		Tratamento do composto considerado como resíduo (%)	
		Distância de transporte (quilómetros em cada sentido)	
		Custo do transporte (€/tonelada)	
	Receita dos materiais recuperados (€/tonelada)		Foram assumidos os mesmos pressupostos que os referidos na tabela 4.12.
	Custos	Processamento (€/tonelada de material que entra)	EUNOMIA Research & Consulting, s.d. Valor real de uma instalação italiana, com $20 \times 10^3$ ton./ano de capacidade de processamento e que processa resíduos alimentares e de jardim
		Preço de mercado para o composto(€/tonelada)	EUNOMIA Research & Consulting, s.d.

## CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos por aplicação do IWM-2, são avaliados em termos dos descritores, custos, energia, resíduos sólidos finais, emissões gasosas e efluentes.

Nos resultados obtidos interferem os processos e opções de tratamento equacionados em cada um dos cenários, bem como as características dos resíduos que entram para o sistema e os métodos de recolha desses resíduos. Por seu turno, interferem também as variáveis utilizadas e pressupostos assumidos na triagem, compostagem, digestão anaeróbia e aterro.

Na descrição e análise do modelo IWM-2, em §2.4.2, são apresentados os vários descritores avaliados nos resultados e para cada um dos descritores são identificadas e descritas as parcelas que os compõem.

De acordo com as considerações e pressupostos assumidos na construção dos cenários, conforme descrito em §4.2.1 para alguns descritores não se analisam as seguintes parcelas por não se aplicarem ao sistema em estudo:

- No descritor custos, apenas foram consideradas a despesa e a receita. Sendo que as parcelas custo/pessoa e custo/habitação não foram analisadas;
- No descritor energia, para além das parcelas analisadas (electricidade consumida, electricidade produzida e gásóleo), o modelo apresenta resultados relativamente a gasolina, gás-natural, e energia relativa ao processo de reciclagem (electricidade-reciclagem). Relativamente às parcelas gasolina e gás-natural o modelo atribui como resultado o valor zero por não serem utilizados como fonte energética nos cenários estabelecidos. Por outro lado, os resultados obtidos pela aplicação do modelo para o processo de reciclagem não foram considerados e daí os valores da energia relativa a este processo não serem analisados;
- No que diz respeito ao descritor resíduos sólidos finais, dada a não aplicabilidade das parcelas resíduos perigosos, resíduos sólidos resultantes do fabrico de sacos para deposição de resíduos, resíduos sólidos resultantes do fabrico de contentores para deposição de resíduos, não foram introduzidos dados de entrada no IWM-2 que permitissem a obtenção de resultados nos mesmos;
- Pela fundamentação apresentada em relação à parcela energia do processo de reciclagem (electricidade-reciclagem) no descritor energia, a parcela créditos da reciclagem no descritor resíduos sólidos finais não foi analisada;
- Dada a relação directa entre a tonelagem total e o volume total, entendeu-se não apresentar esta última parcela, por não acrescentar informação relevante na análise do descritor resíduos sólidos finais;
- Pelas opções assumidas nos cenários estabelecidos conforme §4.2, no cenário Aterro os resultados dos descritores nos processos de triagem e tratamento biológico são zero, bem como no cenário Triagem os descritores no tratamento biológico.



Pelo facto de não se encontrarem disponíveis aplicações de modelos de gestão de resíduos sólidos exclusivamente a resíduos industriais não perigosos, a validade dos resultados obtidos, não passou pela comparação com outros trabalhos como forma de verificação, mas sim pelo princípio de correcção dos dados utilizados nas entradas do modelo IWM-2.

## 5.1. Custos

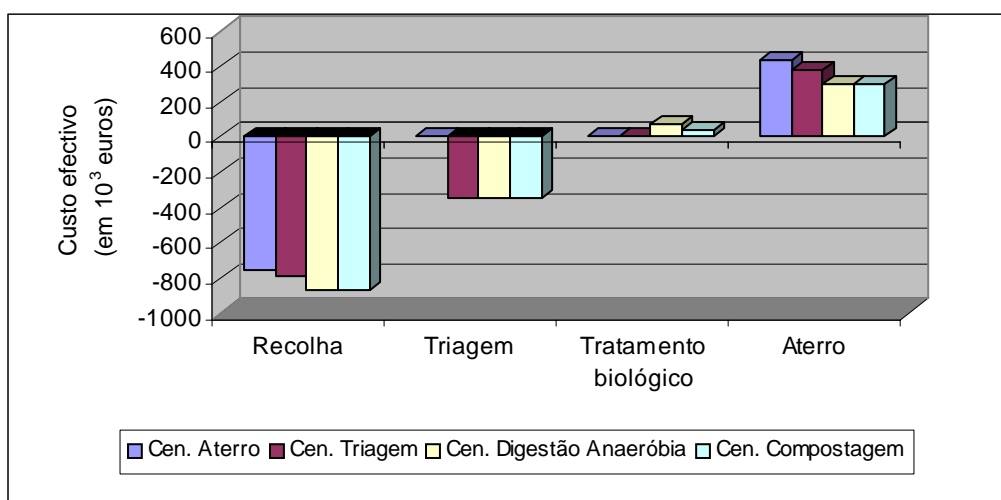
Na tabela 5.1 apresentam-se as despesas e receitas para os diferentes processos unitários considerados nos cenários estabelecidos.

Para além do custo efectivo (somatório da despesa e receita) ser apresentado na tabela 5.1, para os diferentes processos unitários considerados nos cenários estabelecidos, entendeu-se apresentar esses resultados de forma gráfica na figura 5.1.

Os resultados apresentados na tabela 5.1 e figura 5.1 permitem detalhar os descritores económicos nos diferentes cenários por processo unitário.

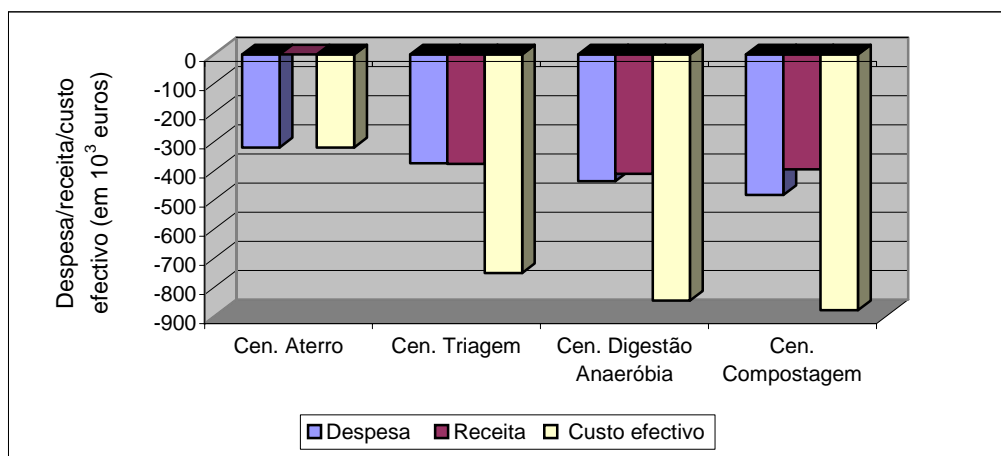
**Tabela 5.1 – Despesa, receita e custo efectivo em euros, nos cenários estabelecidos e por processo unitário.**

<b>Custos (por processo unitário)</b>		<b>Cenário Aterro</b>	<b>Cenário Triagem</b>	<b>Cenário Digestão anaeróbia</b>	<b>Cenário Compostagem</b>
Despesa (euros)	Recolha	-753 246	-785 971	-874 809	-874 809
	Triagem	0	28 274	28 274	28 274
	Tratamento biológico	0	0	106 606	59 088
	Aterro	433 625	383 438	304 228	304 228
	Total	-319 621	-374 259	-435 701	-483 219
Receita (euros)	Recolha	0	0	0	0
	Triagem	0	-376 636	-376 636	-376 636
	Tratamento biológico	0	0	-33 841	-18 594
	Aterro	0	0	0	0
	Total	0	-376 636	-410 477	-395 230
Custo efectivo (euros)	Recolha	-753 246	-785 971	-874 809	-874 809
	Triagem	0	-348 362	-348 362	-348 362
	Tratamento biológico	0	0	72 765	40 494
	Aterro	433 625	383 438	304 228	304 228
	Total	-319 621	-750 895	-846 178	-878 449



**Figura 5.1 –Custo efectivo dos diferentes cenários por processo unitário**

De forma a obter-se uma análise global do descritor custos nos vários cenários, é apresentada a figura 5.2.



**Figura 5.2 – Análise global do descritor custos nos vários cenários**

McDougall *et al.* (2001) referem que a despesa assume valores positivos, ao contrário da receita que está representada por valores negativos, no entanto pela análise dos resultados obtidos, tabela 5.1, verifica-se que a despesa associada à operação da recolha, nos cenários estabelecidos no presente estudo, está representada por valores negativos.

Este facto resulta do modelo considerar que a recolha de resíduos comerciais, é totalmente suportada pelo produtor, e daí ser encarada como uma entrada de verbas e assumir um valor negativo. Para suportar esta análise foram realizadas outras corridas ao modelo, considerando unicamente uma entrada no sistema de resíduos domésticos, e constatou-se que a despesa resultante na operação de recolha passa a assumir valores positivos.

Pela análise comparativa da despesa em todos os processos unitários (recolha, triagem, tratamento biológico e aterro) conforme figura 5.1, verifica-se que a despesa associada à operação de recolha, apresenta em todos os cenários valor negativo e que atinge em todos os cenários o valor mais elevado em termos absolutos.

Deste facto resulta que despesa total traduz uma receita para o sistema, bem como o custo efectivo (somatório da despesa e receita) como se pode observar na figura 5.2

Assim pela análise conjunta da figura 5.2 e tabela 5.1 observa-se que relativamente ao descritor custos, o cenário Aterro com menor valor absoluto, representa a pior situação comparativamente com os outros cenários. Por seu turno, o cenário Compostagem apresenta-se como o mais favorável por apresentar um maior valor absoluto, seguindo-se o cenário Digestão Anaeróbia.

Na figura 5.1 verifica-se que o custo efectivo na operação recolha aumenta gradualmente do cenário Aterro até ao cenário Digestão Anaeróbia e mantém-se constante entre este e o cenário Compostagem.

Se adicionarmos a informação constante na tabela 5.1 verifica-se que este custo resulta apenas da despesa, uma vez que a receita nesta operação assume em todos os cenários o valor zero. Como consequência do aumento gradual das fracções de resíduos recolhidas separadamente do cenário Aterro para os cenários com tratamento biológico, aumenta sucessivamente e em valor absoluto, a despesa associada com a operação recolha.

Pela análise da figura 5.1 verifica-se que o custo da operação triagem, à excepção do cenário Aterro, é idêntico em todos os cenários. As variáveis e considerações assumidas nesta operação bem como o fluxo de resíduos que entram mantêm-se constantes em todos os cenários, daí resultarem idênticas despesas e receitas conforme se apresenta na tabela 5.1.

Verifica-se ainda pela análise da tabela 5.1 que o processo de tratamento biológico, apenas considerado nos cenários Digestão Anaeróbia e Compostagem, apresenta maiores despesa e receita no cenário Digestão Anaeróbia. O valor despesa resultante acresce no cenário Digestão Anaeróbia pelos custos de processamento no tratamento biológico por digestão anaeróbia serem mais elevados do que na compostagem, conforme apresentado nas tabelas 4.12 e 4.13 e figuras 4.21 e 4.25.

A receita no tratamento biológico resulta da venda do composto e da electricidade, como no cenário Compostagem apenas interfere a primeira parcela, o valor da receita neste cenário consequentemente é menor.

A figura 5.1 demonstra que o custo com a operação aterro diminui do cenário Aterro até os cenários com tratamento biológico, entre estes últimos este descritor económico mantém-se constante. O comportamento deste descritor deve-se ao crescente desvio de resíduos de aterro entre o cenário Aterro e os cenários onde se introduz o tratamento biológico. Entre os cenários com tratamento biológico o desvio de resíduos de aterro para valorização mantém-se inalterado, pelo qual o custo associado é o mesmo.

A tabela 5.1 permite detalhar esta informação e constata-se que não existem receitas associadas à operação aterro, pois como exposto na tabela 4.8 não foi assumida a recuperação de electricidade a partir do biogás.

## 5.2. Energia

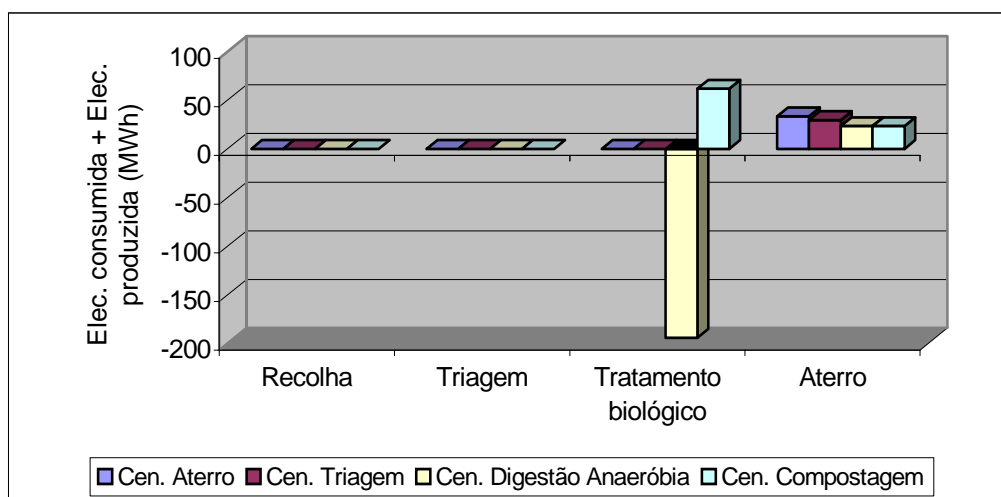
A tabela 5.2 apresenta para o descritor energia as parcelas electricidade consumida, electricidade produzida e gasóleo, nos diferentes cenários estabelecidos e por processo unitário.

Nas figuras 5.3 e 5.4 apresentam-se, respectivamente, o balanço de electricidade consumida e produzida, e o consumo de gasóleo nos vários cenários e por processo unitário.

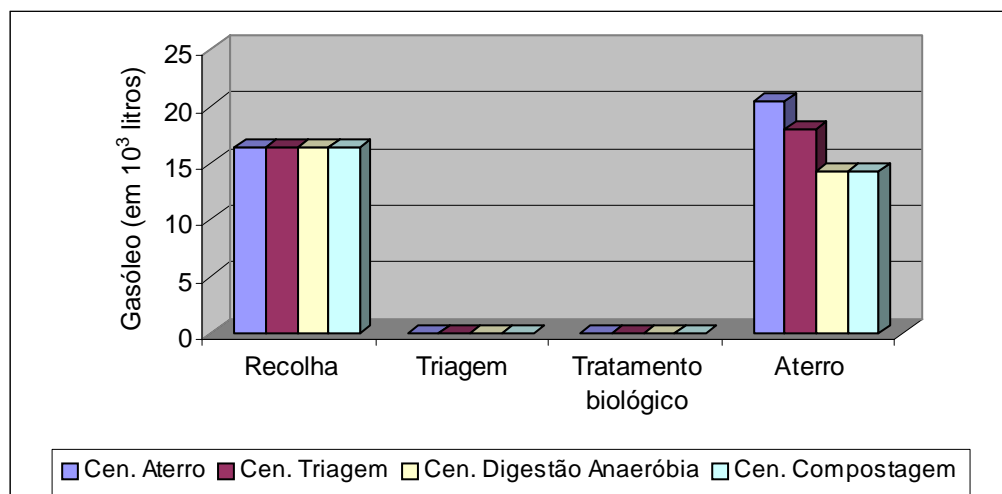
**Tabela 5.2 – Electricidade consumida e produzida em kWh, e gasóleo em litros nos diferentes cenários e por processo unitário**

Energia (por processo unitário)		Cenário Aterro	Cenário Triagem	Cenário Digestão anaeróbia	Cenário Compostagem
Electricidade consumida (kWh)	Recolha	0	0	0	0
	Triagem	0	131	131	131
	Tratamento biológico	0	0	103 300	61 980
	Aterro	33 591	29 703	23 567	23 567
	Total	33 591	29 834	126 998	85 678
Electricidade produzida (kWh)	Recolha	n/a	n/a	n/a	n/a
	Triagem	n/a	n/a	n/a	n/a
	Tratamento biológico	0	0	-297 504	0
	Aterro	0	0	0	0
	Total	0	0	-297 504	0
Gasóleo (L)	Recolha	16 360	16 390	16 440	16 440
	Triagem	0	4	4	4
	Tratamento biológico	0	0	7	7
	Aterro	20 358	18 002	14 283	14 283
	Total	36 718	34 396	30 734	30 734

n/a – não aplicável

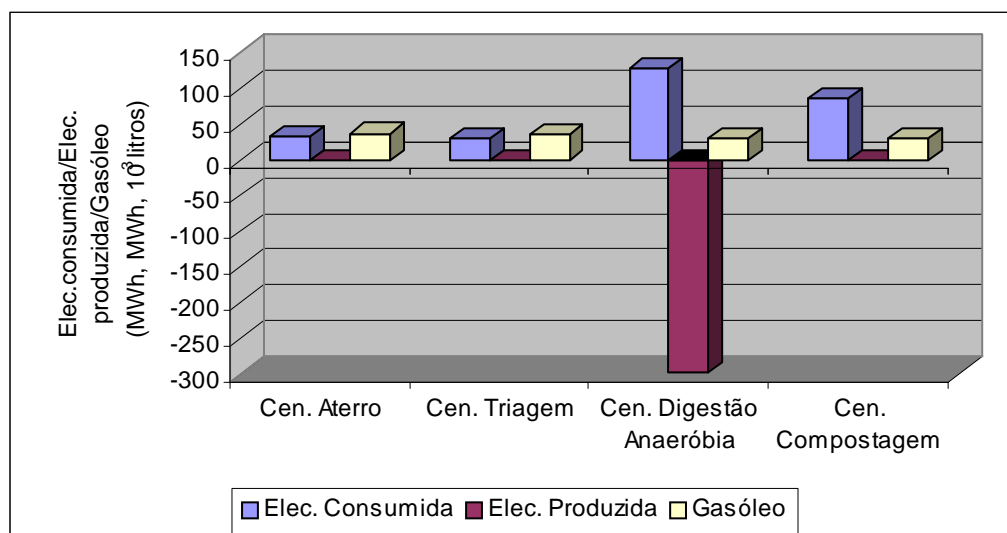


**Figura 5.3 –Balanço do consumo e produção de electricidade nos diferentes cenários por processo unitário**



**Figura 5.4 – Consumo de gasóleo nos diferentes cenários por processo unitário**

A análise global do descritor energia, relativamente a electricidade consumida e produzida, e gasóleo nos vários cenários, consta da figura 5.5.



**Figura 5.5 – Electricidade consumida e produzida, e consumo de gasóleo nos diferentes cenários**

A análise conjunta da tabela 5.2 e figura 5.5 revela que no que respeita ao descritor energia, o cenário Aterro representa a pior estratégia, enquanto que o cenário Digestão Anaeróbia representa a melhor estratégia de gestão.

O cenário Compostagem revelou-se como a segunda melhor estratégia para a gestão de resíduos, no sistema considerado.

Se bem que o cenário Digestão Anaeróbia apresente a maior parcela de electricidade consumida, pela observação da figura 5.3 verifica-se que a mesma é diluída em relação à electricidade produzida, resultando que o somatório electricidade consumida e produzida apresenta sinal negativo.

Este valor negativo e como referem McDougall *et al.* (2001) representa produção de energia, ao contrário dos valores positivos que revelam consumo de energia.

A tabela 5.1 e figuras 5.3 e 5.5 revelam que ocorre apenas produção de electricidade no cenário Digestão Anaeróbia.

No caso da parcela electricidade consumida e de acordo com a tabela 5.2 e figura 5.5, observa-se que diminui do cenário Aterro para o cenário Triagem, aumenta para o cenário Digestão Anaeróbia devido ao elevado consumo de electricidade no tratamento biológico e decresce para o cenário Compostagem.

O consumo de electricidade no tratamento biológico por digestão anaeróbia e compostagem resulta das variáveis assumidas, na tabela 4.12 e figura 4.21, e tabela 4.13 e figura 4.25, respectivamente. De acordo com McDougall *et al*, (2001) o consumo de electricidade é superior no tratamento biológico por digestão anaeróbia comparativamente com o tratamento por compostagem.

A tabela 5.2 revela que a parcela electricidade consumida na operação recolha em todos os cenários apresenta valor zero. Este valor resulta do facto do modelo IWM-2 segundo McDougall *et al*, (2001) atribuir o consumo de electricidade no processo de recolha, ao consumo de energia na lavagem de contentores e na produção de contentores e sacos de plástico e papel. Como estes factores não são considerados em todos os cenários estabelecidos, resulta que os valores obtidos sejam zero.

A figura 5.4 indica que o consumo de gasóleo se deve essencialmente às operações recolha e aterro.

Os valores constantes da tabela 5.2 detalham que o consumo de gasóleo na operação recolha aumenta ligeiramente do cenário Aterro até aos cenários com tratamento biológico, mantendo-se constante entre estes últimos (cenário Digestão Anaeróbia e cenário Compostagem). O ligeiro acréscimo neste descritor é atribuído ao desvio de resíduos de aterro para outras soluções de valorização, nomeadamente triagem e tratamento biológico.

Na operação aterro é óbvio o efeito do desvio de resíduos de aterro no consumo de gasóleo, que decresce do cenário Aterro até aos cenários onde se introduz a valorização orgânica.

### **5.3. Resíduos sólidos finais**

Na tabela 5.3 para o descritor resíduos sólidos finais são detalhados os resíduos não perigosos, a energia industrial e o tratamento-lixiviado em toneladas, nos diferentes cenários por processo unitário.

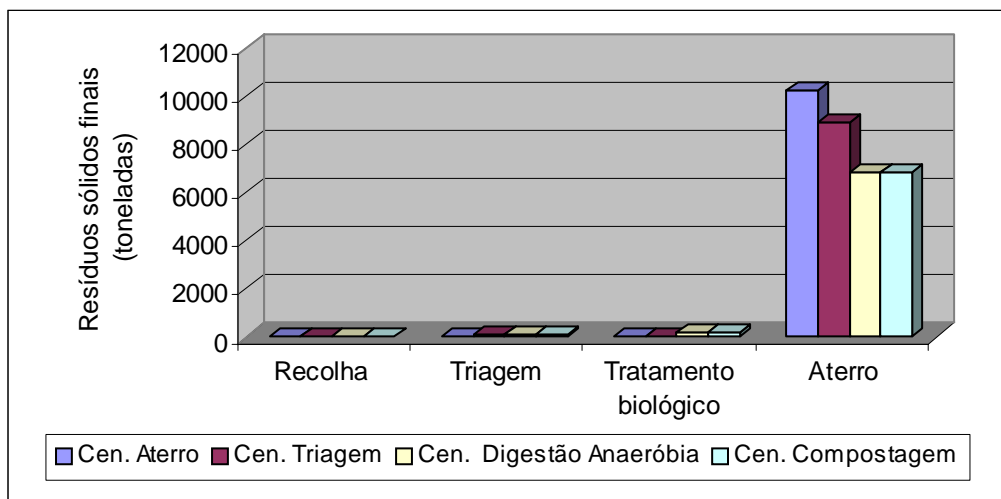
Embora em §2.4.2 sejam descritas as várias parcelas contempladas nas saídas do modelo IWM-2, é de salientar que a energia industrial traduz a quantidade (em toneladas) de resíduos sólidos provenientes da produção de energia usada no sistema de gestão de resíduos e que o tratamento-lixiviado traduz a quantidade (em toneladas) de resíduos sólidos do tratamento de lixiviados.

A figura 5.6 indica o total de resíduos sólidos finais nos diferentes cenários por processo unitário.

**Tabela 5.3 – Quantidade de resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento-lixiviado, nos diferentes cenários e por processo unitário**

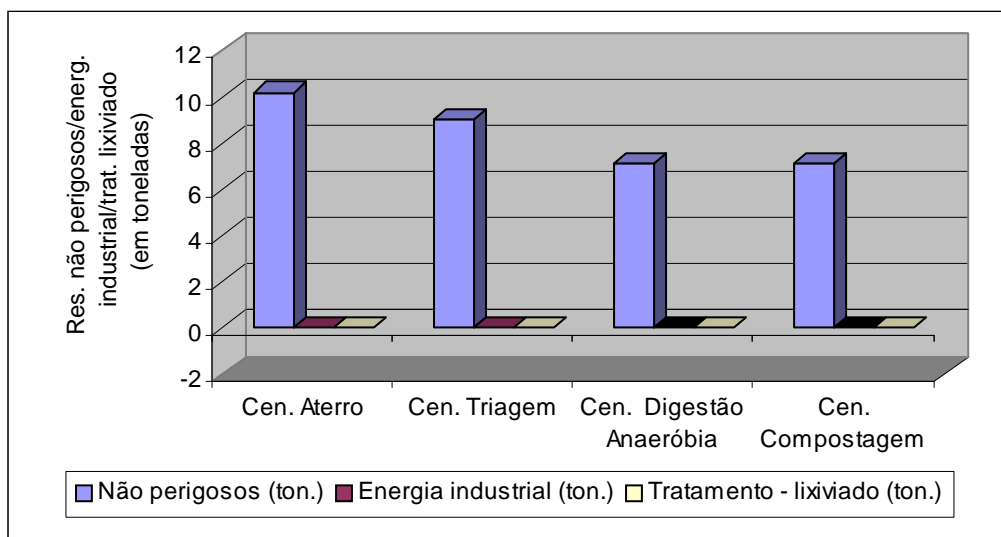
Resíduos sólidos finais (por processo unitário)		Cenário Aterro	Cenário Triagem	Cenário Digestão anaeróbia	Cenário Compostagem
Não perigosos (ton.)	Recolha	n/a	n/a	n/a	n/a
	Triagem	0	131	131	131
	Tratamento biológico	0	0	207	207
	Aterro	10 179	8 870	6 804	6 804
	Total	10 179	9 001	7 142	7 142
Energia industrial(ton.)	Recolha	0	0	0	0
	Triagem	0	0	0	0
	Tratamento biológico	0	0	-18	6
	Aterro	3	3	2	2
	Total	3	3	-16	8
Tratamento – lixiviado (ton.)	Recolha	n/a	n/a	n/a	n/a
	Triagem	n/a	n/a	n/a	n/a
	Tratamento biológico	n/a	n/a	n/a	n/a
	Aterro	22	19	15	15
	Total	22	19	15	15

n/a – não aplicável



**Figura 5.6 – Quantidade de resíduos sólidos finais nos vários cenários e por processo unitário**

A figura 5.7 apresenta uma análise comparativa dos resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento-lixiviado nos vários cenários estabelecidos.



**Figura 5.7 – Quantidade de resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento de lixiviado nos vários cenários e por processo unitário**

Para o total de resíduos sólidos finais, que resulta do somatório dos resíduos não perigosos, energia industrial e tratamento-lixiviado, conforme se apresenta na figura 5.6 e se detalha na tabela 5.3, contribuem essencialmente os resíduos não perigosos resultantes do processo aterro.

Como consequência, e revelado na figura 5.7 a pior estratégia para a gestão de resíduos é representada no Cenário Aterro.

Apenas na parcela energia industrial existe diferença entre os cenários Digestão Anaeróbia e Compostagem, no entanto em virtude da pequena expressão apresentada por esta parcela relativamente à de resíduos não perigosos, conforme figura 5.7, quer o cenário Digestão Anaeróbia quer o cenário Compostagem representam a melhor estratégia para o descritor resíduos sólidos finais.

O efeito de desvio de resíduos de aterro para triagem e tratamento biológico é notório na tabela 5.3, e concretamente na operação aterro, e nas parcelas resíduos não perigosos e tratamento-lixiviado.

Pela observação da tabela 5.3 verifica-se que relativamente à energia industrial, apenas no cenário Digestão Anaeróbia é apresentado valor negativo no processo de tratamento biológico.

Segundo McDougall *et al.* (2001) os valores negativos apresentados no descritor resíduos sólidos finais, representam desvios a emissões geradas e a recursos utilizados, enquanto que os valores positivos representam produção. Daí e uma vez que no cenário Digestão Anaeróbia ocorre produção de electricidade (figura 5.5), existe um desvio aos recursos energéticos utilizados que se traduz na energia-industrial.



#### **5.4. Emissões gasosas**

A listagem completa das emissões gasosas, obtidos pela corrida do modelo nos vários cenários é apresentada no anexo E.

Da análise desta listagem constata-se que os gases produtores de efeito de estufa “GWP”, o CO<sub>2</sub>, o CH<sub>4</sub>, o NO<sub>x</sub>, o SO<sub>x</sub>, o CO, o HC- total, as partículas, constituem os compostos mais representativos. Entre estes, os gases produtores de efeito de estufa, constituem para todos os cenários o poluente com maior representatividade.

Face a esta predominância e pelo facto dos gases produtores de efeito de estufa resultarem de três gases, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, entendeu-se acrescentar à listagem anterior o N<sub>2</sub>O e retirar os “GWP”, uma vez que a análise deste último não iria acrescentar qualquer valor relevante à discussão dos resultados.

Na tabela 5.4 são apresentadas os compostos mais representativos em gramas, presentes nas emissões gasosas nos vários cenários e por processo unitário.

**Tabela 5.4 –Emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, HC-total, partículas e N<sub>2</sub>O, nos diferentes cenários e por processo unitário**

Parâmetros (por processo unitário)		Cenário Aterro	Cenário Triagem	Cenário Digestão anaeróbia	Cenário Compostagem
CO <sub>2</sub> (g)	Recolha	49 335 216	49 425 156	49 557 369	49 557 369
	Triagem	0	111 118	111 118	111 118
	Tratamento biológico	0	0	-145 543 655	46 562 671
	Aterro	1 035 135 230	928 040 981	174 896 441	174 896 441
	Total	1 084 470 446	977 577 255	79 021 273	271 127 599
CH <sub>4</sub> (g)	Recolha	60 054	60 164	60 349	60 349
	Triagem	0	282	282	282
	Tratamento biológico	0	0	-394 794	126 031
	Aterro	82 370 853	73 939 239	9 995 773	9 995 773
	Total	82 430 907	73 999 685	9 661 610	10 182 435
NO <sub>x</sub> (g)	Recolha	887 759	889 377	892 116	892 116
	Triagem	0	467	467	467
	Tratamento biológico	0	0	-344 557	111 043
	Aterro	1 203 559	1 064 782	821 813	821 813
	Total	2 091 318	1 954 626	1 369 839	1 825 439
SO <sub>x</sub> (g)	Recolha	74 346	74 482	74 711	74 711
	Triagem	0	745	745	745
	Tratamento biológico	0	0	-1 072 201	343 716
	Aterro	288 496	255 236	196 758	196 758
	Total	362 843	330 465	-799 987	615 930
CO (g)	Recolha	270 725	271 219	272 054	272 054
	Triagem	0	90	90	90
	Tratamento biológico	0	0	-27 725	8 996
	Aterro	655 284	583 644	277 471	277 471
	Total	926 009	854 953	521 890	558 611
HC – total (g)	Recolha	0	0	0	0
	Triagem	0	0	0	0
	Tratamento biológico	0	0	4	0
	Aterro	441 934	396 707	53 183	53 183
	Total	441 934	396 707	53 187	53 183
Partículas (g)	Recolha	20 339	20376	20 439	20439
	Triagem	0	111	111	111
	Tratamento biológico	0	0	-156 528	49 967
	Aterro	54 056	47822	36 954	36 954
	Total	74 395	68 309	-99 124	107 471
N <sub>2</sub> O (g)	Recolha	1	1	1	1
	Triagem	0	1	1	1
	Tratamento biológico	0	0	-2 077	663
	Aterro	361	319	253	253
	Total	362	321	-1 822	918

A tabela 5.4 demonstra que o cenário Digestão Anaeróbia representa a melhor estratégia para a gestão de resíduos. Nos poluentes analisados, à exceção do HC-total, os menores quantitativos de emissões gasosas são atribuídas a este cenário. Neste poluente o cenário Compostagem apresenta a menor emissão total, visto as emissões neste poluente serem inferiores no tratamento biológico por compostagem comparativamente à digestão anaeróbia.

A análise da tabela 5.4 revela que existe uma predominância do aterro, entre os processos unitários considerados, nas emissões resultantes para os vários poluentes apresentados. Daí, os cenários com maior dependência desta infraestrutura, e que são os cenários Aterro e Triagem, constituírem as piores estratégias de gestão, tendo por base os poluentes CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO.

Para além do processo aterro, o tratamento biológico por compostagem apresenta igualmente elevadas emissões em alguns poluentes (SO<sub>x</sub>, partículas e N<sub>2</sub>O), sendo que para estes poluentes o cenário Compostagem, revela-se a pior estratégia de gestão.

Da análise das fórmulas utilizadas por McDougall *et al.* (2001) na obtenção das emissões gasosas, é de salientar que para o seu cálculo tem especial incidência o balanço energético, interferindo com destaque, os consumos de combustível e de electricidade, e nalguns casos a produção de electricidade. Não interferindo nos cenários com tratamento biológico as emissões gasosas provenientes do próprio processo.

No caso do processo aterro interferem no cálculo das emissões a electricidade e o combustível consumidos. Para além destas parcelas, como se assumiu o não aproveitamento do biogás para produção de electricidade e consequentemente o modelo assume a sua queima, intervêm igualmente neste cálculo a produção de biogás, as percentagens de gás recolhido e perdido.

No tratamento biológico por digestão anaeróbia, a análise das fórmulas utilizadas por McDougall *et al.* (2001), mostra que a produção de electricidade ocorrida neste processo tem grande incidência nos resultados obtidos, porque assume valor negativo diluindo as emissões resultantes dos consumos de combustível e de electricidade, e as emissões decorrentes do próprio processo de digestão anaeróbia.

Como mostra a tabela 5.2, referente ao descritor energia, os valores de produção de electricidade ocorridos no cenário Digestão Anaeróbia são superiores em valor absoluto aos consumos de gasóleo e de electricidade ocorridos nos restantes cenários, decorrendo deste cenário menores emissões, como demonstra a tabela 5.4.

Nos restantes poluentes avaliados por McDougall *et al.* (2001), e que são apresentados no anexo E, há que salientar que não interferem nas emissões gasosas as dioxinas e furanos, e os metais pesados arsénio, crómio e cobre, uma vez que em todos os cenários considerados, as suas quantidades são zero.

O cenário Compostagem para os poluentes amónia e metais pesados, designadamente, cádmio, chumbo, manganês, níquel e zinco, apresenta-se como a pior estratégia de gestão, enquanto que o cenário Aterro apresenta as maiores emissões nos poluentes HCl, HF, H<sub>2</sub>S e HC clorados.

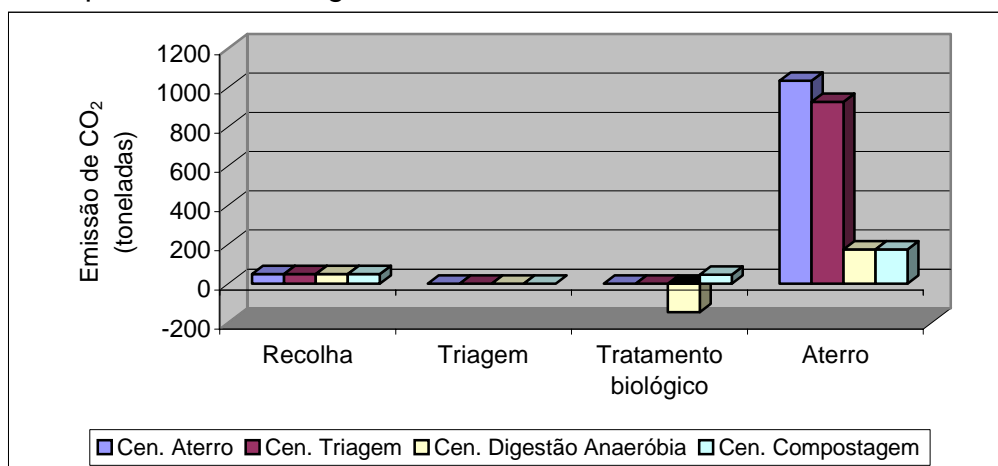
O cenário Digestão Anaeróbia continuar a representar a melhor estratégia para a gestão do sistema de resíduos considerado, por revelar os menores impactes nas emissões resultantes.

Analizando, mais uma vez, as fórmulas constantes no IWM-2 e pelos valores assumidos por McDougall *et al.* (2001), verifica-se que nas emissões a partir do

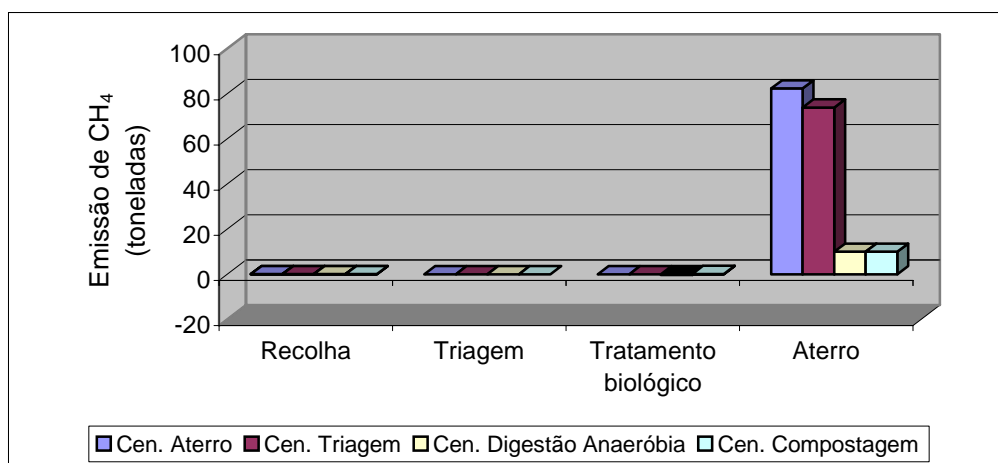
combustível não ocorrem emissões de amónia, cádmio, chumbo, manganês e zinco, e por outro lado que estes poluentes, à excepção do zinco não estão presentes nas emissões gasosas provenientes do aterro relativas à exploração de biogás. Tal como se apresenta na tabela 5.2, a parcela de electricidade consumida no tratamento biológico é superior à consumida no aterro, o que resulta que o cenário Compostagem, como já referido, apresente para estes poluentes as maiores emissões gasosas.

Pela análise das fórmulas constantes do IWM-2 e que interferem no cálculo das emissões gasosas provenientes do tratamento biológico, compostagem e digestão anaeróbia, verifica-se que não foram equacionadas eventuais emissões decorrentes da aplicação no solo do composto ou do digerido, ocorrendo uma desvalorização dos cenários que contemplam o tratamento biológico.

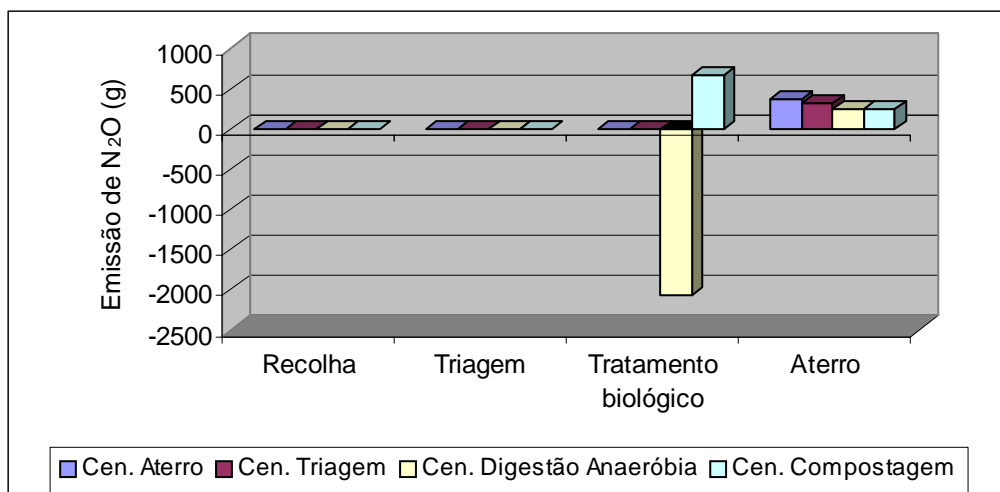
Sendo que os gases produtores de efeito de estufa, de entre os poluentes analisados, são os que mais contribuem para as emissões, entendeu-se analisar detalhadamente os gases os compõem. Assim, nas figuras 5.8, 5.9 e 5.10, analisam-se respectivamente os gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ .



**Figura 5.8 –Emissão de  $\text{CO}_2$  nos vários cenários e por processo unitário**



**Figura 5.9 –Emissão de  $\text{CH}_4$  nos vários cenários e por processo unitário**



**Figura 5.10 –Emissão de N<sub>2</sub>O nos vários cenários e por processo unitário**

As figuras 5.8 e 5.9 mostram que o principal contributo dos parâmetros CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> nas emissões decorre do processo aterro e que o desvio de resíduos de aterro para outras soluções de valorização, contribui para a diminuição das emissões nos mesmos. Enquanto que a figura 5.10 revela que para o parâmetro N<sub>2</sub>O, o processo de tratamento biológico por compostagem, é o que mais interfere nas suas emissões.

## 5.5. Efluentes

A totalidade de poluentes presentes nos efluentes e obtidos pelas corridas dos cenários estabelecidos através do IWM-2 são apresentados no anexo E.

Pela análise deste anexo, os poluentes mais representativos são os cloretos, a CQO, a CBO, os sólidos suspensos, os sulfatos, o ferro, a amónia, daí a tabela 5.5 apresentar a sua análise detalhada por cenário estabelecido e por processo unitário.

**Tabela 5.5 – Quantidades em gramas de cloretos, CQO, CBO, sólidos suspensos, sulfatos, ferro e amônia, presentes nos efluentes produzidos nos diferentes cenários e por processo unitário**

Parâmetros (por processo unitário)		Cenário Aterro	Cenário Triagem	Cenário Digestão anaeróbia	Cenário Compostagem
Cloretos (g)	Recolha	401 278	402 010	403 248	403 248
	Triagem	0	825	825	825
	Tratamento biológico	0	0	-1 067 326	340 855
	Aterro	701 322	620 152	492 042	492 042
	Total	1 102 600	1 022 987	-171 211	1 236 970
CQO (g)	Recolha	2	2	2	2
	Triagem	0	1	1	1
	Tratamento biológico	0	0	134 526	255 124
	Aterro	218 959	196 549	26 473	26 473
	Total	218 961	196 552	161 002	281 600
CBO (g)	Recolha	0	0	0	0
	Triagem	0	0	0	0
	Tratamento biológico	0	0	35 268	150 631
	Aterro	218 758	196 371	26 332	26 332
	Total	218 758	196 371	61 600	176 963
Sólidos suspensos (g)	Recolha	42 876	42 954	43 087	43 087
	Triagem	0	58	58	58
	Tratamento biológico	0	0	-69 374	22 164
	Aterro	65 651	58 052	46 060	46 060
	Total	108 527	101 064	19 831	111 369
Sulfatos (g)	Recolha	14 155	14 180	14 224	14 224
	Triagem	0	238	238	238
	Tratamento biológico	0	0	-347 381	110 874
	Aterro	77 700	68 707	54 514	54 514
	Total	91 855	83 125	-278 405	179 850
Ferro (g)	Recolha	422	423	424	424
	Triagem	0	17	17	17
	Tratamento biológico	0	0	-25 329	8 084
	Aterro	32 828	29 029	23 032	23 032
	Total	33 250	29 469	-1 856	31 557
Amônia (g)	Recolha	198	198	199	199
	Triagem	0	1	1	1
	Tratamento biológico	0	0	52 637	26 442
	Aterro	6 641	5 872	4 659	4 659
	Total	6 839	6 071	57 496	31 301

A tabela 5.5 demonstra que o cenário Digestão Anaeróbia representa a melhor estratégia para a gestão de resíduos, uma vez que em todos os parâmetros analisados, à exceção do parâmetro amônia, apresenta os menores quantitativos nos efluentes produzidos.

Da análise das formulas apresentadas por McDougall *et al.* (2001) no cálculo dos efluentes, verifica-se que a representatividade do poluente amônia no cenário Digestão Anaeróbia comparativamente com o cenário Compostagem, deve-se ao facto da quantidade produzida na digestão anaeróbia ser o dobro da resultante no tratamento aeróbio.

Comparativamente a tabela 5.5 mostra que em termos de processos unitários os que mais contribuem para os poluentes presentes nos efluentes são o aterro e o tratamento biológico por compostagem.

Deste modo os cenários que em termos de formulação apresentam uma maior dependência destes processos, revelam-se como as piores estratégias para a gestão do sistema de resíduos nos poluentes, neste caso, os cenários Aterro e Compostagem.

Da análise das fórmulas apresentadas por McDougall *et al.* (2001) constata-se que tal como referido no cálculo das emissões gasosas, as fórmulas utilizadas na obtenção dos efluentes produzidos têm por base os consumos de electricidade e combustível, e a produção de electricidade. Mais uma vez são desvalorizadas no modelo as consequências da aplicação no solo do composto ou do digerido resultantes do tratamento biológico, na obtenção dos resultados no descritor efluentes, bem como as escorrências resultantes da compostagem.

No caso de processo aterro, e como não se considerou a produção de electricidade interferem no cálculo dos efluentes produzidos, para além dos consumos de electricidade e gásóleo, os diferentes fluxos de resíduos que são depositados, o volume de lixiviado produzido para cada um desses resíduos, e a quantidade dos diferentes poluentes presentes no próprio lixiviado.

Em termos do processo de tratamento biológico, verifica-se que os poluentes presentes nos efluentes são superiores na compostagem comparativamente com a digestão anaeróbia.

O facto da parcela produção de electricidade que ocorre no Cenário Digestão Anaeróbia, à qual segundo McDougall *et al.* (2001) se atribui valor negativo, ser em valor absoluto superior aos consumos de electricidade e de combustível verificados nos restantes cenários, dilui as parcelas relativas aos consumos energéticos, resultando menores produções dos poluentes nos efluentes.

Da análise da tabela 5.5 verifica-se que nos poluentes cloretos, CQO, sólidos suspensos e sulfatos, o cenário Compostagem revela-se a pior estratégia, dado o contributo do tratamento biológico por compostagem, na produção destes poluentes nos efluentes. Por outro lado, em termos dos poluentes ferro e CBO, é o cenário Aterro que se assume como a estratégia com maiores impactes.

Nos restantes parâmetros avaliados nos efluentes produzidos pelo IWM-2 e constantes no anexo E, o cenário Digestão Anaeróbia continua a representar a melhor estratégia para o descritor efluentes.

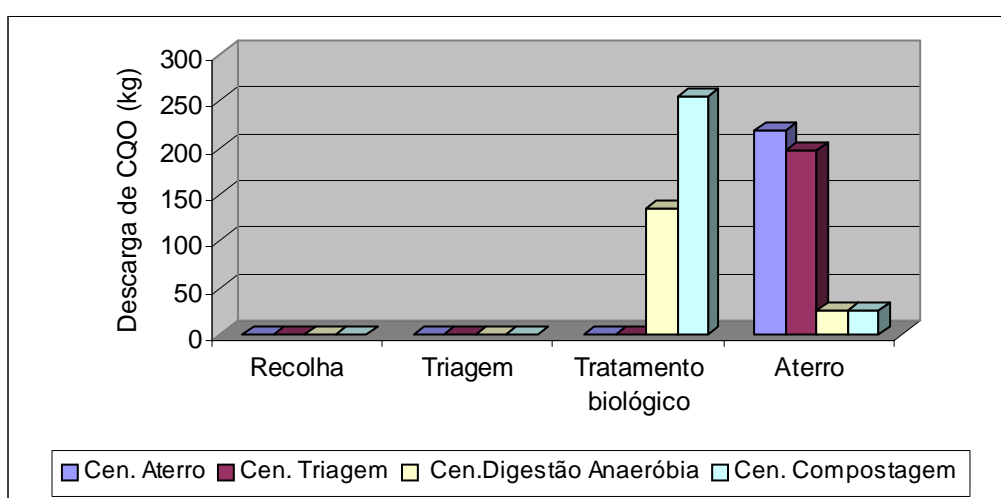
Por seu turno, o cenário Compostagem constitui em termos globais, a pior estratégia para o sistema de gestão de resíduos, apresentando as maiores quantidades nos seguintes poluentes: TOC, fenóis, alumínio, arsénio, bário, crómio, cobre, cianetos, chumbo, níquel, nitratos, fosfatos, sulfuretos e zinco. No metal pesado cádmio, este cenário apresenta o mesmo valor que o cenário Aterro.

Analisando, mais uma vez, as fórmulas constantes no IWM-2 e a tabela 5.2, constata-se que a parcela de electricidade consumida no tratamento biológico é

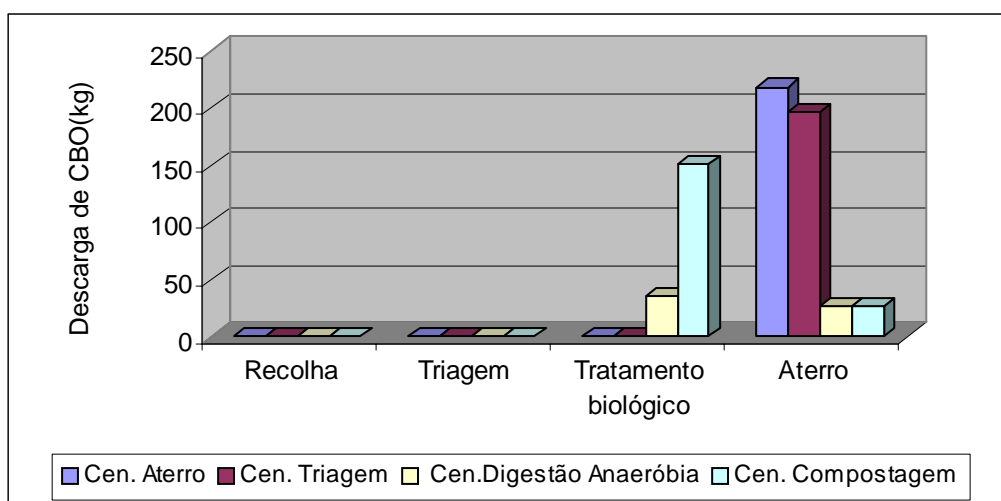
superior à consumida no aterro, o que resulta que o cenário Compostagem, como já referido, apresente para estes poluentes as maiores quantidades nos efluentes.

Da análise do anexo E, verifica-se que o poluente fluoretos, o cenário Compostagem apresenta a mesma quantidade nos efluentes produzidos que o cenário Digestão Anaeróbia. Por outro lado, o cenário Aterro apenas nos poluentes AOX, HC clorados e fluoretos, apresenta as maiores quantidades nos efluentes produzidos. É de salientar que em termos dos poluentes dioxinas e furanos, e mercúrio, não existe a sua produção nos cenários considerados.

Sendo que normalmente na monitorização das descargas de efluentes são avaliados os parâmetros CBO, CQO e sólidos suspensos, entendeu-se detalhar a sua análise quer por cenário, quer em termos de processo unitário, conforme se apresenta nas figuras 5.11, 5.12 e 5.13.

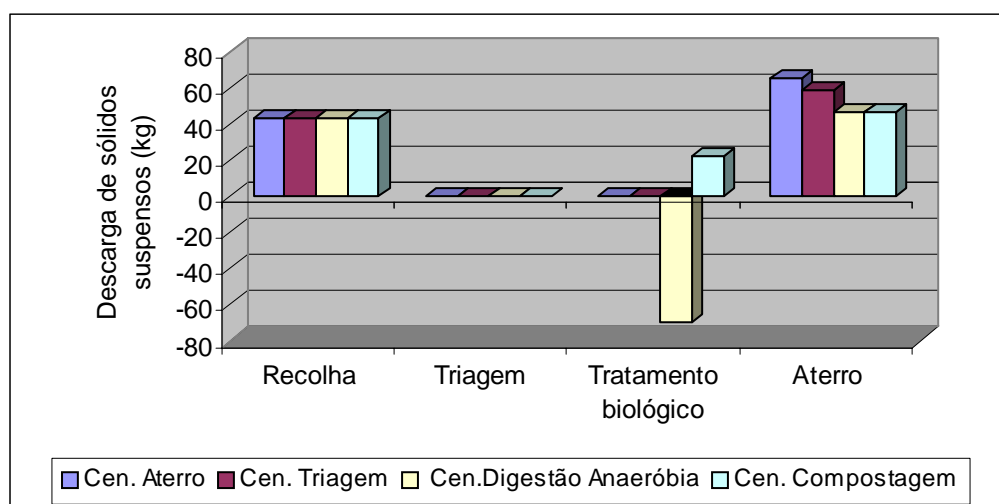


**Figura 5.11 –Descarga de CQO nos vários cenários e por processo unitário**



**Figura 5.12 –Descarga de CBO nos vários cenários e por processo unitário**





**Figura 5.13 –Descarga de sólidos suspensos nos vários cenários e por processo unitário**

As figuras 5.11 e 5.12 demonstram que o contributo da CQO e CBO nos efluentes produzidos resulta essencialmente do processo aterro e do tratamento biológico por compostagem. Relativamente ao processo aterro é notório o contributo do desvio de resíduos de aterro para outras soluções de valorização, na diminuição destes parâmetros.

Pela análise da figura 5.13, verifica-se que a presença de sólidos suspensos nos efluentes produzidos resulta essencialmente da operação recolha e do processo aterro.

Da análise das fórmulas utilizadas pelo IWM-2 no cálculo dos resultados, verifica-se que a produção de sólidos suspensos no efluente resultam essencialmente do consumo de gasóleo. Como se apresenta na tabela 5.2, na operação de recolha verificam-se elevados consumos de gasóleo, atingindo nos cenários com tratamento biológicos valores superiores aos consumos no aterro. Daí, a elevada produção de sólidos suspensos a partir da operação recolha.

Terminada a análise e discussão dos resultados obtidos pelo IWM-2 na corrida dos vários cenários, importa igualmente descrever as oportunidades de melhoria identificadas na exploração do IWM-2.

Para além das oportunidades de melhoria já descritas em §2.4.2 e que foram identificadas por McDougall *et al.* (2001), na utilização do modelo IWM-2, no decurso das várias corridas realizadas para validar os cenários estabelecidos para o caso de estudo e que permitiram obter os resultados apresentados e discutidos neste capítulo, foram identificadas outras oportunidades de melhoria que se descrevem seguidamente.

No que se refere à grelha Área do sistema (figura 2.2 apresentada em §2.4.2) que integra a secção Entradas de resíduos e que define a população, número de habitações e a distribuição dos veículos pelos residentes, observa-se que relativamente a este último campo, não são considerados veículos com combustíveis alternativos (e.g. biodiesel). Existem apenas campos para introdução de veículos com consumo de gasolina ou de gasóleo.

Na caracterização do fluxo de resíduos que entram no sistema considerado, foi apurado uma quantidade relativa a embalagens de madeira, no entanto como esse fluxo de resíduos não foi contemplado nos campos de entrada do IWM-2, não foi considerado o seu potencial de valorização. Note-se que conforme figura 2.5 constante de §2.4.2, o modelo não permite introduzir outros fluxos de resíduos para além dos especificados e como consequência as embalagens de madeira foram incluídas na categoria “Outros”.

No cálculo do Resíduo, relativo à grelha Instalação de recuperação de material por triagem, (figura 2.13 de §2.4.2), quer se trate de resíduos domésticos (recolha do tipo porta a porta ou sistema colectivo), quer se trate de resíduos comerciais, o modelo não permite introduzir taxas de contaminação distintas na triagem consoante os fluxos de resíduos considerados. O modelo permite apenas introduzir um valor único que se traduzirá posteriormente nas perdas de materiais na triagem para os vários fluxos considerados. A definição das taxas de contaminação são conseguidas acedendo a Avançadas, e escolhendo a opção Recolha de resíduos.

Relativamente à operação aterro no custo do aterro, figura 2.19 de §2.4.2, McDougall *et al.* (2001) referem que neste intervêm factores como, a compra do terreno, a construção, a operação do aterro, assim como a venda de biogás, tratamento do biogás e lixiviado, encerramento e consequentemente monitorização. Enquanto que na operação triagem (figura 2.13 de §2.4.2), no processo de tratamento biológico por compostagem (figura 2.15 de §2.4.2) e por digestão anaeróbia (figura 2.16 de §2.4.2), na análise de custos o modelo apenas identifica os custos de processamento.

Note-se então que o modelo penaliza a operação aterro relativamente às opções de valorização. Decerto modo para permitir uma análise equitativa entre os vários processos e operações unitárias em causa nos cenários estabelecidos para o presente estudo, introduziu-se nos vários cenários apenas o custo da operação no campo custo do aterro.

Pela consulta das fórmulas de cálculo utilizadas no cálculo dos resultados, em concreto das emissões gasosas e efluentes, verificou-se que os valores resultam do consumo e produção de energia. Note-se então que a utilização ou aplicação dos produtos resultantes do tratamento biológico não são contemplados em termos destes descritores, bem como as emissões gasosas e efluentes resultantes dos processos biológicos.

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1. Considerações sobre o IWM-2

A metodologia adoptada na formulação dos cenários assentou na maximização do desvio dos resíduos industriais banais de aterro, com base em economia de escalas, através da utilização de unidades de tratamento ou de processamento para RSU, nomeadamente unidades de triagem e de valorização orgânica.

Apesar do modelo utilizado ter revelado um desempenho aceitável na formulação dos vários cenários, e ter permitido definir uma estratégia optimizada para a gestão de resíduos industriais banais na área de estudo, pela análise de vários modelos no âmbito da gestão de resíduos sólidos, conclui-se que a utilização dos modelos “Decision Support System”, “EUGÈNE”, “Life Cycle Management”, “Decision Support Tool” e “Integrated Solid Waste Management”, teria permitido uma interpretação mais segura dos cenários formulados.

Os descritores avaliados nos dois primeiros modelos, para além dos apresentados para o IWM-2, incluem solo, ruído, cheiro, biótopos e tráfego, e em termos de análise económica são considerados para além dos custos correntes os relativos ao investimento. Por outro lado a potencialidade apresentada pelos restantes modelos ao nível de introdução de restrições, e.g. limitação da massa de resíduos para aterro, teria permitido obter resultados mais seguros, através de uma busca interactiva da melhor alternativa para a estratégia integrada de gestão de resíduos.

Em relação aos resultados obtidos verificou-se a dominância do cenário Digestão Anaeróbia como a estratégia de gestão de resíduos com melhor desempenho ambiental, no que se refere aos descritores energia, resíduos sólidos finais, emissões gasosas e efluentes produzidos. Enquanto que o melhor desempenho económico é atribuído ao cenário Compostagem, seguindo-se o cenário Digestão Anaeróbia. No entanto, em termos globais o cenário que estabelece uma estratégia optimizada para a região em estudo é o cenário Digestão Anaeróbia.

Os cenários Aterro e Compostagem nos descritores emissões gasosas, efluentes e energia representam as piores estratégias para o sistema de gestão de resíduos considerado.

No entanto, considera-se que o modelo penaliza ou desvaloriza algumas opções de tratamento, e deste modo condiciona os resultados obtidos.

Note-se então que em relação ao descritor custos, pelo facto do modelo apenas considerar os custos correntes e de manutenção, e não os custos de investimento e as próprias amortizações, são induzidos critérios não equitativos de análise, penalizando os cenários que contemplam opções de tratamento com custos correntes superiores (cenário Digestão Anaeróbia). Por outro lado, McDougall *et al.* (2001) referem que na grelha Custos e Gestão de Aterro de Resíduos Não Perigosos que integra a secção Aterro, o custo da operação aterro, deve incluir o custo da aquisição do terreno, da construção e operação do aterro, venda do biogás, tratamento do lixiviado e do biogás, encerramento do aterro e monitorização após encerramento. Deste modo, o modelo penaliza a opção aterro relativamente às restantes.

Ainda em relação a este descritor, a equiparação assumida entre os resíduos industriais não perigosos e os resíduos comerciais em virtude das variáveis consideradas pelo modelo, quer em termos das suas características, conforme secção Entradas de Resíduos e quer no que se refere à operação de recolha integrada na secção Recolha de Resíduos, conduziu aos valores obtidos em termos de despesas.

As despesas com a operação recolha por serem asseguradas pelo produtor de resíduos, são consideradas como receitas pelo modelo IWM-2 para o sistema, o que resulta em penalização do cenário Aterro, com a agravante da recolha ser, entre as várias operações consideradas, a que apresenta maiores despesas em valor absoluto.

Assim, a recolha associada ao processo aterro devia apresentar as menores despesas, por não ocorrer a diferenciação de circuitos de recolha de acordo com os vários fluxos de resíduos. Os cenários com tratamento biológico, por apresentarem vários circuitos de recolha, designadamente, para os resíduos encaminhados para triagem, para os desviados para tratamento biológico e para os conduzidos para aterro, deviam apresentar o pior desempenho na parcela despesa. Em termos globais desta alteração resultaria a atribuição do melhor desempenho económico ao cenário Triagem.

Em termos dos descritores emissões gasosas e efluentes, verifica-se que pelas fórmulas utilizadas por McDougall *et al.* (2001) no IWM-2, é dada uma grande relevância aos consumos e produção de energia. Sendo que o cenário Digestão Anaeróbia apresenta um valor de produção de electricidade superior aos consumos de electricidade e de combustível obtidos, quer no próprio cenário, quer comparativamente com os restantes, o que resulta em menores impactos nestes descritores.

Por outro lado, e analisando ainda os descritores emissões gasosas e efluentes, é necessário salientar que o modelo não avalia os efeitos da utilização posterior do produto (composto ou digerido) resultante do tratamento biológico, nem analisa os poluentes que ficam retidos no composto ou no digerido, bem como as emissões gasosas e efluentes resultantes dos processos biológicos em causa.

Caso o modelo considerasse os factores anteriormente descritos, em relação aos descritores custos, emissões e efluentes, seria expectável ocorrerem alterações nos resultados obtidos.

## **6.2. Considerações sobre a gestão integrada de RIB e RSU**

O efeito do planeamento desta gestão conjunta de RSU e RIB não foi evidenciado nos resultados obtidos, pelo facto do modelo IWM-2 apenas utilizar os custos de manutenção e operação na análise económica, não requerendo os relativos ao investimento e até mesmo as amortizações.

Relativamente à estratégia integrada para a gestão conjunta de RIB e RSU, estabelecida no presente estudo, importa salientar os aspectos descritos a seguir.

A localização das instalações consideradas nos cenários e que são o aterro da RIBTEJO, a unidade de triagem da RESITEJO, e a unidade de tratamento biológico que se perspectiva na estratégia nacional para redução de RUB, não torna necessário o estabelecimento de uma logística, em termos de acondicionamento e transporte até aos diferentes destinos, distinta da existente.

Da análise das guias de pesagem e guias de acompanhamento de resíduos, verifica-se que os resíduos são separados na própria indústria por diversos fluxos para facilitar o seu acondicionamento e sua expedição, não havendo depois uma continuidade na gestão e tendo estes como destino final o aterro.

Essa deficiência verificada em termos da quebra do processo de gestão, após a separação dos resíduos industriais não perigosos, deve-se ao mercado existente no encaminhamento dos resíduos para reciclagem e valorização orgânica, ser um mercado insustentável no que se refere à viabilidade da reciclagem multimaterial e orgânica.

Note-se então, que da análise dos inquéritos realizados, verificou-se uma grande discrepância em termos dos custos de acondicionamento e de transporte, com destaque para o preço de venda dos resíduos que apresentam potencial de valorização.

Outro aspecto que importa referir, diz respeito à capacidade instalada da unidade de triagem e da unidade que se perspectiva em termos de tratamento biológico. Conforme enunciado em §3.1, em termos de capacidade de processamento apresentam condições para tratar os resíduos industriais banais considerados no presente estudo.

No entanto relativamente à recepção de RIB em unidades de tratamento dedicadas para resíduos urbanos, importa perceber que em termos de resíduos orgânicos de origem industrial não há entraves à sua recepção em instalações de tratamento de RUB. O mesmo não se verifica em termos das unidades de triagem, pelo facto destas unidades terem sido financiadas por fundos comunitários para o processamento de RSU, o INR não prevê que possam recepcionar RIB.

A literatura revista refere que a reciclagem conjunta de resíduos urbanos e resíduos industriais é incentivada na UE, e.g. Catalunha, pelo que importa perceber se as infraestruturas não foram financiadas pela UE ou quais as formalidades levadas a cabo para ultrapassar os entraves apresentados pelo INR.

Continuando a análise dos fundamentos que suportam a estratégia integrada para a gestão conjunta de RIB e RSU, estabelecida no presente estudo, importa enunciar alguns aspectos legais.

Em termos legais, a forma de abordagem da gestão dos resíduos industriais não perigosos não tem seguido sempre a mesma linha.

Por um lado, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97 privilegia a integração dos resíduos industriais não perigosos nos mecanismos de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Em 2000, o PESGRI fomenta a implantação de soluções dedicadas para resíduos industriais, e quanto à deposição conjunta de RIB e RSU em aterros de RSU, prevista na Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97, o PESGRI refere que se trata de uma solução provisória.

Mais tarde, em 2001, foi autorizada a deposição de RIB em aterros de RSU, no período compreendido entre Janeiro de 2001 e Dezembro de 2003, por despacho do Ministro do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Dado o número de aterros para RIB em Portugal, coloca-se a questão de continuarem a ser privilegiadas soluções “fim de linha”, não sendo observada a hierarquia de princípios de gestão dos resíduos industriais não perigosos, prevista na Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97, PNPA, PESGRI e PNAPRI.

Ainda relativamente à gestão de resíduos, é necessário salientar a Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril, transporta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 152/2002, que prevê a classificação dos aterros em três classes: para resíduos inertes, resíduos não perigosos e perigosos. Deste modo, segundo esta Directiva a classificação dos aterros resulta da natureza dos resíduos e não da sua origem.

Em termos de aspectos legais, é necessário referir ainda uma questão de fundo que se prende com a definição de resíduos industriais não perigosos.

Mais uma vez, destaca-se a Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97 que utiliza apenas o conceito da natureza dos resíduos para definir os resíduos industriais não perigosos, enquanto que o Decreto-Lei n.º 239/97 ao introduzir neste definição o conceito de quantidade, restringe de certo modo a gestão conjunta de RSU e RIB. Assim, a gestão conjunta de RSU e RIB, e de acordo com este último documento, apenas poderá ser realizada, desde que cumulativamente sejam observadas as seguintes premissas:

- quantidades diárias de produção de resíduos industriais não perigosos, não superiores a 1100 litros por produtor;
- natureza análoga entre RSU e RIB.

O Decreto-Lei n.º 152/2002, no âmbito da instalação, da exploração, do encerramento e da manutenção pós-encerramento de aterros destinados a resíduos, não apresenta uma definição exclusiva para resíduos industriais não perigosos. Podendo estes ser enquadrados simultaneamente em duas definições a de resíduos urbanos e a de resíduos não perigosos.

Pelos aspectos referidos, denota-se a inexistência em Portugal de uma base legal comum nas definições de resíduos industriais não perigosos constantes dos vários documentos citados.

Uma vez que a definição e enquadramento legal dos resíduos industriais não perigosos tem implicações na forma de gestão dos resíduos e nas entidades responsáveis pela mesma, importa salientar exemplos de outros países europeus.

A este nível, Bernardo (2002) refere que o direito alemão distingue os resíduos não domésticos, onde se incluem os resíduos industriais e os resíduos provenientes de outros âmbitos (oficinas e comércio), que pela sua natureza se assemelham aos

urbanos atendendo às operações de gestão que vão ser objecto, e os resíduos que contêm substâncias tóxicas e altamente perigosas para a vida e para o ambiente. Enquanto que os primeiros são encaminhados para valorização, os resíduos perigosos são eliminados.

O serviço público está previsto para os resíduos destinados a eliminação, enquanto que a gestão privada pode realizar-se aquando da valorização dos resíduos, livremente, e sempre que os particulares se encontrem em condições de assumi-la, todavia, submetidos à vigilância, controlo e inspecção da administração competente (Bernardo, 2002).

Por outro lado, Bernardo (2002) refere que a jurisdição em Espanha distingue duas classes de resíduos dentro dos industriais:

- os resíduos que pela sua composição podem assemelhar-se aos urbanos, podendo ser objecto das mesmas operações de recolha e tratamento que estes, sendo equiparados aos resíduos urbanos quanto ao regime jurídico;
- os resíduos que embora tendo também origem industrial, necessitam de prescrições especiais para a sua gestão e são objecto de um controlo mais intenso por causa dos graves riscos que representam para a saúde humana, recursos naturais e ambiente em geral, dada a sua toxicidade ou perigosidade.

Desta classificação de resíduos resulta um enquadramento distinto de gestão. Por um lado, está-se perante os resíduos resultantes dos processos industriais que podem assemelhar-se pela sua composição aos resíduos urbanos e que são de competência municipal, excepto se forem resíduos para os quais o ordenamento jurídico tenha previsto um sistema de gestão diferenciada cuja direcção e responsabilidade é assumida pelos privados. Por outro está-se perante os resíduos perigosos, merecedores de um tratamento jurídico especial, e que em princípio não são objecto do serviço público de gestão de resíduos, pelo que são conduzidos por gestores de resíduos autorizados pela administração (Bernardo, 2002).

Os objectivos do actual estudo, nomeadamente em relação ao incremento do potencial de valorização dos resíduos industriais não perigosos, vão de encontro ao panorama analisado em planos europeus de gestão de resíduos, nos quais é estabelecido que o aumento da valorização dos resíduos industriais será devido à diminuição dos resíduos destinados a aterro.

Nesses planos é estabelecido o processamento conjunto de resíduos de várias origens, nomeadamente domésticos e industriais não perigosos, nas unidades de valorização a construir, assim como no equacionamento da gestão de resíduos, tendencialmente as instalações de tratamento e processamento de RSU estão a ser autorizadas a recepcionar resíduos de origem industrial.

A gestão conjunta de RSU e RIB, designadamente a reciclagem multimaterial, é fundamentada nos planos, uma vez que pelas características de produção dos resíduos industriais não perigosos, permitem uma maior triagem na origem, pelo que os resíduos se apresentam geralmente não contaminados.

No que toca às opções estratégicas de gestão de resíduos em Portugal, ME & MA (2000) referem que o paradigma tecnológico é a base das metas definidas no Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), e em 1996

encontrava-se em plena aplicação no terreno. Por outro lado em termos de resíduos industriais, em 2000 coexistiam ainda o paradigma melhorado e a situação de referência (ciclo primitivo de eliminação dos resíduos), no qual a reciclagem era efectuada de um modo pouco profissional e o tratamento e destino final eram deixados sem vigilância e controlo.

A evolução verificada em Portugal, com a construção de aterros para resíduos industriais banais, perspectiva-se que o paradigma melhorado, que corresponde a um ciclo avançado de eliminação dos resíduos com iniciativas de tratamento embora ainda esporádicas, caracterize a actividade industrial.

Assim, conclui-se que os RSU comparativamente aos RIB se encontram num patamar estratégico de gestão superior. No entanto, o tratamento conjunto de RSU e RIB poderá contribuir, quer para a gestão dos RIB caminhar em direcção ao paradigma tecnológico, quer para permitir o cumprimento das metas de valorização e reciclagem contempladas na Directiva 2004/12/CE, de 18 de Fevereiro. Da literatura revista conclui-se que em Portugal as taxas de reciclagem de determinados fluxos de resíduos em 2004 apresentavam valores muito baixos, perspectivando-se bastante difícil atingir em 2011 as metas estabelecidas na Directiva.

### **6.3. Incentivos para integrar resíduos que saem do sistema**

Como apresentado em §4.1.2. existem determinados fluxos de resíduos que saem das fronteiras da área de estudo e por esse motivo não foram considerados no fluxo total de resíduos geridos na área de estudo para efeitos da simulação dos cenários no IWM-2. Existem também outros fluxos, caso das lamas, que são aplicadas em solos agrícolas e que não foram consideradas no sistema de gestão, uma vez que o IWM-2 não contempla esta operação.

Relativamente aos resíduos orgânicos, designadamente lamas, resíduos usados na alimentação animal e outros resíduos orgânicos não especificados, há que destacar algumas considerações.

Em termos da utilização de resíduos orgânicos em alimentação animal, e pela análise da legislação neste âmbito, não existem constrangimentos a esta forma de valorização.

Por outro lado, a utilização de lamas, provenientes de estações de tratamento de águas residuais de composição similar às águas residuais domésticas e urbanas, na agricultura é regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 118/2006, de 21 de Junho. De acordo com este diploma só podem ser utilizadas em solos agrícolas lamas tratadas, factor este que não torna inviável a aplicação de lamas provenientes das indústrias em solos agrícolas. No entanto a aplicação de lamas em solos agrícolas segue uma série de regras regulamentadas neste diploma, entre as quais se destacam as relativas às análises das lamas e solos, bem como as relativas às concentrações de metais pesados nos solos e nas lamas utilizadas na agricultura.

Os produtores de lamas, neste caso concreto as indústrias, pagam o serviço de recepção de lamas para aplicação em solos agrícolas aos agricultores. No entanto desconhece-se até que ponto as regras de utilização dessas lamas, contempladas no Decreto-Lei n.º 118/2006, de 21 de Junho de 2006 são observadas, supondo-se



que em alguns casos a aplicação das lamas poderia ser inviável. A este nível, o confronto quer dos agricultores, quer dos produtores de lamas com a legislação, é a forma de se enfrentarem os problemas decorrentes da má aplicação das lamas e se forcarem a agir ambos os intervenientes (produtores e receptores de lamas).

A existência de uma maior fiscalização à aplicação das lamas em solos agrícolas e de um mercado sustentável para o composto proveniente de tratamento biológico, aliados a menores custos no envio das lamas para tratamento biológico relativamente aos verificados no envio para agricultura, permitiriam reunir vários incentivos para se concretizarem os objectivos do actual estudo.

De realçar o facto da Directiva Compostagem estabelecer igualmente que apenas podem ser aplicados no solo resíduos orgânicos tratados e na listagem apresentada de resíduos orgânicos adequados para o tratamento biológico, contemplar os resíduos orgânicos considerados no caso de estudo. Este documento poderá focar áreas das quais se destacam, quer a responsabilidade dos produtores de lamas de ETAR para a qualidade de lama fornecida, quer as necessidades de certificação do composto resultante do tratamento biológico.

Relativamente aos fluxos de resíduos, papel e cartão, vidro, metal e plástico, enviados através de operadores para reciclagem e que não são contemplados no fluxo de resíduos para o sistema considerado, importa perceber que não existem regras no mercado para a sua gestão, o que foi comprovado pelos inquéritos realizados. Os custos pagos pelos industriais pela gestão destes resíduos, desde o transporte, passando pelo acondicionamento, até ao próprio tratamento é muito diferenciado entre as várias empresas.

Desde que sejam criados os VIM, o que permitirá estabelecer regras de mercado para a reciclagem multimaterial dos resíduos industriais banais, poderão estar criados igualmente incentivos para que estes resíduos, e de acordo com os objectivos do presente estudo, sejam processados em conjunto com os RSU, em unidades de triagem criadas para o processamento de RSU. No entanto, não deixarão de ser colocados os constrangimentos decorrentes desta utilização conjunta e que se prendem com o facto destas infraestruturas terem sido financiadas unicamente com o propósito de valorização multimaterial de RSU.

Para além destes incentivos, e dos referidos anteriormente neste capítulo com respeito às lamas, ME & MA (2000) referem outros que deverão ser estabelecidos no âmbito dos resíduos industriais, e que são essencialmente incentivos fiscais e sociais.

#### **6.4. Sugestões para trabalhos futuros**

Como continuação do trabalho seria pertinente a utilização de outros modelos, por forma a confirmar alguns resultados obtidos e que não foram valorizados, e a permitir um alargamento do espectro de resultados obtidos, o que poderá conduzir a uma análise do efeito da gestão conjunta de RSU e resíduos industriais não perigosos.

Por outro lado, a utilização de um modelo que permita a introdução de constrangimentos a determinadas opções de tratamento, como é o caso da redução

da quantidade de resíduos com potencial de valorização multimaterial e orgânica a enviar para aterro, constituiria uma fase futura a desenvolver para completar o trabalho iniciado.

A incorporação dos incentivos abordados no actual estudo, designadamente ao nível do processamento conjunto de RIB e RSU em termos de valorização multimaterial, quer no encaminhamento de resíduos orgânicos provenientes nas indústrias para valorização orgânica, num modelo que os permita avaliar constituiria igualmente uma fase futura do presente trabalho.

De entre os vários fluxos de resíduos considerados no caso de estudo, “Outros” é o mais representativo (66% do total). O facto deste não ter sido analisado pormenorizadamente, não permitiu avaliar o seu potencial de valorização. Em trabalhos futuros seria pertinente esmiuçar o fluxo “Outros” para melhor entender de que forma se poderia contribuir para o seu desvio de aterro.

## Bibliografia

Agência Europeia do Ambiente (2004). *Sinais Ambientais 2004: Atualização da Agência Europeia do Ambiente sobre questões específicas*. Copenhaga, 36 pp.

Barth, J. (2001) *Legal framework for compost application in Europe*. *Proceedings of the Symposium 'Applying compost benefits and needs'*: 237-243.

Berger C., Savard G. & Wizere A. (1999). Eugene: an optimization model for integrated regional solid waste management planning. *International Journal of Environment and Pollution*, 12 (2-3): 280-307.

Bernardo, J. O. (2002). *La Intervención Pública en la Gestión de los Residuos Industriales*. Editorial Montecorvo, Madrid, 257 pp.

Brunner, P. H. & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers, Florida, 311 pp.

Comissão das Comunidades Europeias (2002). *Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social e ao Comité das Regiões: Para uma estratégia temática de protecção do solo*. COM (2002) 179 Final. Bruxelas, 38 pp.

Comissão Europeia (2000). *Exemplos de compostagem e de recolhas selectivas bem sucedidas*. Direcção Geral do Ambiente, Luxemburgo, 68 pp.

Commission of the European Communities (2003). *Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the implementation of community waste legislation*. COM (2003) 250 final/3. Brussels, 145 pp.

Cork County (1997). *Waste Management Plan Cork County in Ireland*. Cork County Council, 157 pp.

Dalemo M., Sonesson U., Björklund A., Mingarini K., Frostell B., Jönsson H., Nybrant T., Sundqvist J-O., Thyselius L. (1997) "ORWARE" – A simulation model for organic handling systems. Part 1: Model description. *Resources, Conservation and Reciclagem* 21 (1997): 17-37.

Danish Environmental Protection Agency (1999). *Waste in Denmark*. Ministry of Environment and Energy, 26 pp.

Danish Government (2004). *Waste Strategy 2005-08*. Ministry of Environment and Energy, 315 pp.

Direction Régionale de l' Industrie de la Recherche et de l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur (1996). *Plan Regional d'Elimination des Dechets Industriels de Provence-Alpes-Cote d'Azur*. Secretariat General pour les Affaires Regionales, Marseille, 40 pp.

Eunomia Research & Consulting (s.d.). *Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste (Final Report to the European Commission)*.

Eunomia Research & Consulting, Scuola Agraria del Parco di Monza, HDRA Consultants, ZREU and LDK ECO, 198 pp.

Eunomia Research & Consulting (s.d.). *Costs for Municipal Waste Management in the UE (Final Report to the Directorate General Environment, European Commission)*. Eunomia Research & Consulting, 69 pp.

European Commission (2000). *Working Document on Sludge (ENV.E.3/LM)*. Brussels, 19 pp.

European Commission (2001). *Working Document: Biological Tratamento of Biowaste (DG ENV.A.2/LM/biowaste/2<sup>nd</sup> draft)*. Brussels, 22 pp.

European Commission (2003). *Draft Discussion Document for The Ad Hoc Meeting on Biowastes and Sludges (DG ENV.A.2/LM)*. Brussels, 22 pp.

European Environment Agency (2002a) *Case Studies on Waste Minimisation Practices in Europe (Topic Report 2/2002)*. European Environment Agency, Copenhagen, 52 pp.

European Environment Agency (2002b). *Biodegradable municipal waste management in Europe. Part 1: Strategies and instruments (Topic Report 15/2001)*. European Environment Agency, Copenhagen, 48 pp.

European Environment Agency (2003). *Europe's Environment: The Third Assessment*. Environmental Assessment, Report NÚMERO 10. European Environment Agency, Copenhagen, 324 pp.

Favoino, E. (2003) *Trends for Compostagem in Europe and optimised collection schemes for biowaste*. 4.<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Internacionais de Resíduos: 19 pp.

Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient & Junta de Residus. (1999). *Manual de Gestió de Residus Industrials a Catalunya*. Junta de Residus, Catalunya, 48 pp.

Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient & Junta de Residus. (2001). *Industrial Waste Management Program of Catalonia (2001-2006)*. Junta de Residus, Catalunya, 223 pp.

Haastrup P., Maniezzo V., Mattareli M., Rinaldi F. M., Mendes I. & Paruccini M. (1998) A decision support system for urban waste management. *European Journal of Operational Research*, 109 (2): 330-341.

Harrison K .W., Dumas R. D., Solano E., Barlaz M. A, Brill E. D. & Ranjithan Sr. (2001) Decision support tool for life – cycle - based waste management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15 (1): 44-58.

INETI & INR (2001). *Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (Volume I)*. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), Lisboa, 130 pp.

INR (2004) (In <http://www.inresiduos.pt> 20-04-2006)

- Instituto do Ambiente (2005). *Relatório do Estado do Ambiente 2003*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAOT), Amadora, 238 pp.
- Ministério do Ambiente (1997). *Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Instituto dos Resíduos, Lisboa, 146 pp.
- MARN (1995). *Plano Nacional da Política de Ambiente*. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais (MARN), Lisboa, 292 pp.
- McDougall, R. F., White, R. P.; Franke, M., Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Blackwell Science (second edition), Oxford, 513 pp.
- MCOTA (2003). *Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) Destinados aos Aterros*. Instituto dos Resíduos e Ministério das Cidades Ordenamento do Território e Ambiente (MCOTA), Lisboa, 51 pp.
- ME & MA (2000). *Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Industriais*. Instituto dos Resíduos, Lisboa, 202 pp.
- Palacios J. M. G., Apodaca A. R., Rebollo C., Azcárate J. (2002) European policy on biodegradable waste: a management perspective. *Water Science and Technology*, 46 (10): 311-318.
- RESIURB (2002). *Relatório Anual 2002*. SOLURBE, Almeirim, 154 pp.
- RESIURB (2003). *Relatório de Exploração: 1.º Semestre de 2003*. Associação de Municípios da RESIURB, Almeirim, 11 pp.
- RIBTEJO (2003). *Regulamento de utilização para indústrias (Revisão número 0)*. RIBTEJO, Chamusca.
- Salvia M., Cosmi C., Macchiato M. & Mangiamele L. (2002) Waste management system optimisation for Southern Italy with “MARKAL” model. *Resources Conservation and Reciclagem*, 34 (2): 91-106.
- Santos (2005). *Tarifários municipais de resíduos em função da sua quantidade produzida: análise da viabilidade da sua adopção na área metropolitana do Porto*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 219 pp.
- SERURB (2004). *Relatório Anual de Monitorização Ambiental da Lixeira e do Aterro Sanitário da Raposa Ano 2003*. SERURB, Matosinhos, 83 pp.
- Sociedade Ponto Verde (2003). *Sempre a seu lado. Sempre a seu favor*. Sociedade Ponto Verde, Algés, 31 pp.
- Sociedade Ponto Verde (2004). *Caracterização dos Sistemas Aderentes ao Sistema Ponto Verde 2003*. Sociedade Ponto Verde, Algés, 88 pp.

Solano E., Ranjithan S. R., Barlaz M. A. & Brill E. D. (2002a) Life-cycle-based solid waste management I: Model development. *Journal of Environmental Engineering – ASCE*, 128 (10): 981-992.

Solano E., Dumas R. D., Harrison K. W., Ranjithan S. R., Barlaz M. A. & Brill E. D. (2002b) Life-cycle-based solid waste management. II: Illustrative applications. *Journal of Environmental Engineering – ASCE*, 128 (10): 993-1005.

Sudhakar Y. (2003) Development of techno-economic integrated models: LFSGR and aerobic Compostagem for municipal waste management. *Environment and Development Economics* 8: 655-677.

Vaillancourt K. & Waaub J. P. (2002) Environmental site evaluation of Waste management facilities embedded into “EUGÈNE” model: a multicriteria approach. *European Journal of Operational Research*, 139 (2): 436-448.

Weitz K., Barlaz M., Ranjithan R., Brill D., Thorneloe S. & Ham R. (1999) Life Cycle Management of Municipal Solid Waste. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 4 (4): 195-201.

White, P., Franke, M., Hindle, P. (1995). *Integrated Solid Waste Management. A Lifecycle Inventory*. Blackie Academic & Professional (first edition), Glasgow, 362 pp.

## ANEXO A – VARIÁVEIS AVANÇADAS

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other	
<b>Electricity Generation:</b>							
	Hard coal	Brown coal	Oil	Nat. gas	Nuclear	Hydro	
System area generating grid (%)	36.3	0.7	43.4	0.4	2.6	16.6	
Displaced energy (%)	36.3	0.7	43.4	0.4	2.6	16.6	
Data Source: Default data from Portugal						Select Country	
<b>System Area Generating Efficiency:</b>							
	Hard coal	Brown coal	Oil	Nat. gas	Nuclear	Hydro	Overall
(%)*	28.5	24.8	27.1	34.2	27.2	76.5	35.8
<b>Fuel Consumption Data:</b>		<b>Gross Calorific Values:</b>		<b>Production Of Other Fuels:</b>			
Average petrol car (litres/km)	0.079	Electricity (GJ/kWh)	0.003600	Efficiency (%)*			
Average diesel car (litres/km)	0.053	Petrol (GJ/litre)	0.034350	Petrol 63.6			
Diesel truck (litres/km)	0.328	Diesel (GJ/litre)	0.038136	Diesel 75.9			
		Nat. gas (GJ/m3)	0.040200	Nat. gas 80.2			
<b>Collection Vehicles:</b>		* Efficiency including generation and supply					
Diesel truck load (tonnes)	20.0						
Print		Ok		Help			

Figura 1 – Combustíveis e electricidade

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other			
K.C.S. #1	K.C.S. #2	K.C.S. #3	K.C.S. #4	M.B.C.S. #1	M.B.C.S. #2	M.B.C.S. #3	M.B.C.S. #4	Bins & Bags	Commercial
<b>Contamination Rates:</b>									
				With kerbside sort	Without kerbside sort				
Organic material contamination rate in dry recyclables (%)				0.0	2.5				
Other material contamination rate in dry recyclables (%)				0.0	2.5				
MRF - Amount of dry recyclable material lost as residue (%)				8.0	30.0				
Plastic contamination rate in biowaste (%)				5.0					
Print									
Ok									
Help									

Figura 2 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Recolha porta a porta)

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other
---------------------	------------------	-------------	--------------------	-------------	-----------	-------

K.C.S. #1	K.C.S. #2	K.C.S. #3	K.C.S. #4	M.B.C.S. #1	M.B.C.S. #2	M.B.C.S. #3	M.B.C.S. #4	Bins & Bags	Commercial
-----------	-----------	-----------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

Contamination Rates:

Organic contamination rate in material collected in mixed material containers (%)

Other contamination rate in material collected in mixed material containers (%)

MRF - Amount of material collected in mixed material containers lost as residue (%)

**Figura 3 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Recolha colectiva)**

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other
---------------------	------------------	-------------	--------------------	-------------	-----------	-------

K.C.S. #1	K.C.S. #2	K.C.S. #3	K.C.S. #4	M.B.C.S. #1	M.B.C.S. #2	M.B.C.S. #3	M.B.C.S. #4	Bins & Bags	Commercial
-----------	-----------	-----------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

Collection Bins:

Total weight of bins used (kg/household)

Average lifespan of bins (years)

Household equivalent (kg/year)

Number of bin washes (household/year)

Electrical energy used (kWh/bin wash)

Totals:

Plastic bins (tonnes/year)

Plastic bags (tonnes/year)

Paper bags (tonnes/year)

Collection Bags:

	Biowaste	Dry recyclables	Restwaste
Bag weight (g)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Bags (household/year)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Household equivalent (kg/year)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Plastic LDPE bags used (%)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Paper bags used (%)	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>

**Figura 4 – Avançadas: Recolha de resíduos (Contentores e sacos)**



Fuels & Electricity | Waste Collection | RDF Sorting | Thermal Treatments | Landfilling | Recycling | Other

K.C.S. #1 | K.C.S. #2 | K.C.S. #3 | K.C.S. #4 | M.B.C.S. #1 | M.B.C.S. #2 | M.B.C.S. #3 | M.B.C.S. #4 | Bins & Bags | Commercial

Contamination Rates

Plastic contamination rate in biowaste (%) 0.0

Organic material contamination rate in dry recyclables (%) 0.0

Other material contamination rate in dry recyclables (%) 0.0

MRF - Amount of dry recyclable material lost as residue (%) 10.0

Print Ok Help

**Figura 5 – Avançadas: Recolha de resíduos – Taxas de contaminação (Resíduos comerciais)**

Fuels & Electricity | Waste Collection | RDF Sorting | Thermal Treatments | Landfilling | Recycling | Other

cRDF | dRDF

Screening Of Input Material:

Waste rejected due to unavailability of plant (% of waste input) 2.0

Rogue items rejected (% of plant input) 2.0

Process input (% of waste input) 96.04

Process Outputs:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Fuel (%)	89.5	28.7	7.6	31.5	83.6	89.3	80.7	42.7	36.5
Ferrous metal (%)	0.0	0.5	86.7	0.0	0.0	0.3	0.8	0.6	0.2
Non-fe metal (%)	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fines (%)	8.8	70.5	4.0	17.1	4.5	8.8	4.1	56.2	61.5
Residue (%)	1.7	0.3	1.7	1.4	11.9	1.6	14.4	0.5	1.8
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Print Ok Help

**Figura 6 – Avançadas: Triagem RDF**

Fuels & Electricity | Waste Collection | RDF Sorting | Thermal Treatments | Landfilling | Recycling | Other

cRDF | dRDF

Screening Of Input Material:

Waste rejected due to unavailability of plant (% of waste input) 2.0

Rogue items rejected (% of plant input) 2.0

Process input (% of waste input) 96.04

Process Outputs:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other
Fuel (%)	81.3	0.0	0.0	14.1	80.8	28.3	61.0	11.6	14.2
Ferrous metal (%)	0.0	0.5	86.7	0.0	0.0	0.3	0.8	0.6	0.2
Non-fe metal (%)	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fines (%)	8.8	70.5	4.0	17.1	4.5	8.8	4.1	56.2	61.5
Residue (%)	9.9	29.0	9.3	18.8	14.7	62.6	34.1	31.6	24.1
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Loss of moisture due to drying and pelletising (% of fuel fraction) 18.3

Print Ok Help

Figura 7 – Avançadas: Triagem RDF

Fuels & Electricity | Waste Collection | RDF Sorting | Thermal Treatments | Landfilling | Recycling | Other

Incineration Process #1 | Incineration Process #2 | Incineration Emissions | RDF Burning | PPDF Burning

Energy Inputs:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost
Nat. gas (m3/tonne)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Electricity (kWh/tonne)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00

Energy Outputs:

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost
Cal value (GJ/tonne)	10.5	-0.5	-0.5	-0.5	25.0	28.0	13.5	3.7	4.0	7.4

Solid Residues:

(tonnes/tonne input)

	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost
Hazardous*	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
Non-hazardous**	0.0840	0.9000	0.8500	0.9000	0.0900	0.0600	0.0750	0.0770	0.4200	0.1540

\* Fly ash, filter dust and gas cleaning residues

\*\* Bottom ash

Print Ok Help

Figura 8 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Incineração Processo #1)

Fuels & Electricity   Waste Collection   RDF Sorting   Thermal Treatments   Landfilling   Recycling   Other											
Incineration Process #1   Incineration Process #2   Incineration Emissions   RDF Burning   PPDF Burning											
<b>Energy Inputs:</b>											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	
Nat. gas (m3/tonne)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
Electricity (kWh/tonne)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	
<b>Energy Outputs:</b>											
	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	
Cal value (GJ/tonne)	10.5	-0.5	-0.5	-0.5	25.0	28.0	13.5	3.7	4.0	7.4	
<b>Solid Residues:</b>											
(tonnes/tonne input)	Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	
Hazardous*	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	
Non-hazardous**	0.0840	0.9000	0.8500	0.9000	0.0900	0.0600	0.0750	0.0770	0.4200	0.1540	
* Fly ash, filter dust and gas cleaning residues											
** Bottom ash											

Print Ok Help

Figura 9 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Incineração Processo #2)

Fuels & Electricity   Waste Collection   RDF Sorting   Thermal Treatments   Landfilling   Recycling   Other								
Incineration Process #1   Incineration Process #2   Incineration Emissions   RDF Burning   PPDF Burning								
<b>Incinerator Emissions:</b>								
	SO <sub>2</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	HCl mg/Nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	Dioxins/Furans ng/Nm <sup>3</sup>	CO mg/Nm <sup>3</sup>	Particulates ng/Nm <sup>3</sup>		
US EPA Regulations	88	41	308	13	125	24		
New Facility	23	15	279	4.5	33	4		
<b>Emissions Based On:</b>								
Process #1	US EPA Regs							
Process #2	US EPA Regs							
<b>Metal Removal Efficiency Of Gas Cleaning Technology:</b>								
	Arsenic	Cadmium	Chromium	Copper	Mercury	Nickel	Lead	Zinc
Process #1 (%)	99.9	99.7	99.3	99.6	92.7	96.6	99.8	99.7
Process #2 (%)	99.9	99.7	99.3	99.6	92.7	96.6	99.8	99.7

Print Ok Help

Figura 10 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Emissões da incineração)

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other
---------------------	------------------	-------------	--------------------	-------------	-----------	-------

Incineration Process #1	Incineration Process #2	Incineration Emissions	RDF Burning	PPDF Burning
-------------------------	-------------------------	------------------------	-------------	--------------

Energy Inputs:

	cRDF	dRDF
Nat. gas (m3/tonne)	0.00	0.00
Electricity (kWh/tonne)	20.00	20.00

Energy Outputs:

	cRDF	dRDF
Cal value (GJ/tonne)	16.0	18.0

Solid Residues:

(tonnes/tonne input)

	cRDF	dRDF
Hazardous*	0.0138	0.0138
Non-hazardous**	0.0860	0.0860

\* Fly ash, filter dust and gas cleaning residues  
\*\* Bottom ash

Print Ok Help

Figura 11 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Queima RDF)

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other
---------------------	------------------	-------------	--------------------	-------------	-----------	-------

Incineration Process #1	Incineration Process #2	Incineration Emissions	RDF Burning	PPDF Burning
-------------------------	-------------------------	------------------------	-------------	--------------

Energy Inputs:

	Paper	Plastic
Nat. gas (m3/tonne)	0.00	0.00
Electricity (kWh/tonne)	20.00	20.00

Energy Outputs:

	Paper	Plastic
Cal value (GJ/tonne)	10.5	28.5

Solid Residues:

(tonnes/tonne input)

	Paper	Plastic
Hazardous*	0.0138	0.0138
Non-hazardous**	0.0840	0.0750

\* Fly ash, filter dust and gas cleaning residues  
\*\* Bottom ash

Print Ok Help

Figura 12 – Avançadas: Tratamentos térmicos (Queima PPDF)

Fuels & Electricity		Waste Collection		RDF Sorting		Thermal Treatments		Landfilling		Recycling		Other		
Landfill Gas:														
Energy potential (MJ/Nm3)		18.0												
												Bottom		
		Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Ash				
Gas generated(Nm3/tonne)		250	0	0	0	250	250	0	100	0				
Landfill Leachate:														
Leachate generation (m3/tonne)														
		Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Ash	Bottom			
(m3/tonne)		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15			
Solid waste from leachate treatment (tonnes/m3 leachate treated)		0.015												
Landfill Volume Of Waste:														
		Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Organics	Other	Compost	Ash	Bottom	
(m3/tonne)		1.05	0.51	0.32	0.93	1.04	1.04	1.43	1.11	1.11	0.77	0.67		
		Hazardous		Industrial energy			Solid waste from leachate treatment							
(m3/tonne)		1.67		0.67			1.11							

Print Ok Help

**Figura 13 – Avançadas: Deposição em aterro**

Fuels & Electricity		Waste Collection		RDF Sorting		Thermal Treatments		Landfilling		Recycling		Other	
Material Losses:													
These figures are used to calculate the air and water emissions and the recycling process costs (per tonne output) and the price for recycled materials (per tonne output)													
		Paper	Glass	Ferrous metal	Non-fe metal	Film plastic	Rigid plastic	Textiles	Bottom				
Material losses (%)		18	3	8	5	5	15	10	0				

Print Ok Help

**Figura 14 – Avançadas: Reciclagem**

Fuels & Electricity	Waste Collection	RDF Sorting	Thermal Treatments	Landfilling	Recycling	Other
---------------------	------------------	-------------	--------------------	-------------	-----------	-------

SI Conversion Factors:

GJ to kWh	277.78
MJ to kWh	0.278

Global Warming Potentials:  
(over 100 year time horizon)

CO2 (relative to CO2)	1.0
CH4 (relative to CO2)	21.0
N2O (relative to CO2)	310.0

Print

Ok

Help

**Figura 15 – Avançadas: Outras**

## ANEXO B – LISTAGEM DE PARÂMETROS CONSIDERADOS NOS DESCRITORES EMISSÕES GASOSAS E EFLUENTES

**Tabela 1 – Parâmetros listados no IWM-2 nas emissões gasosas e efluentes**

Parâmetros apresentados no IWM-2	
Emissões gasosas	Efluentes
1. CO	1. CBO
2. CO <sub>2</sub>	2. CQO
3. CH <sub>4</sub>	3. Sólidos suspensos
4. NO <sub>x</sub>	4. TOC
5. GWP	5. AOX
6. N <sub>2</sub> O	6. HC clorados
7. SO <sub>x</sub>	7. Dioxinas/furanos
8. HCl	8. Fenóis
9. HF	9. Alumínio
10. H <sub>2</sub> S	10. Amônia
11. HC - total	11. Arsênio
12. HC clorados	12. Bário
13. Dioxinas/furanos	13. Cádmio
14. Amônia	14. Cloretos
15. Arsênio	15. Crômio
16. Cádmio	16. Cobre
17. Crômio	17. Cianetos
18. Cobre	18. Fluoretos
19. Chumbo	19. Ferro
20. Manganês	20. Chumbo
21. Mercúrio	21. Mercúrio
22. Níquel	22. Níquel
23. Zinco	23. Nitratos
	24. Fosfatos
	25. Sulfatos
	26. Sulfuretos
	27. Zinco

Fonte: McDougall *et al.* (2001)

## ANEXO C – CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RSU DO DISTRITO DE SANTARÉM

Tabela 2 - Caracterização dos sistemas (ano: 2003)

Sistema	Caracterização dos resíduos produzidos, em toneladas por ano, por sistema	Caracterização da recolha selectiva, em toneladas por ano, por sistema
AMARTEJO	RSU – 21957 Recolha selectiva – 5057 RIB - 1847	Vidro <sup>1</sup> – 1933 Papel/cartão <sup>1</sup> – 1541 Plástico/metal <sup>1</sup> - 1593
RESITEJO	RSU – 86370 Recolha selectiva – 2244 RIB - 5549	Vidro – 1433 Papel/cartão - 811
RESIURB	RSU – 59871 Recolha selectiva – 1094 RIB - 2784	Vidro – 615 Papel/cartão – 286 Plástico/metal - 192

Fonte: AMARTEJO, RESITEJO E RESIURB (1) SPV, 2003.



## ANEXO D – QUESTIONÁRIO ENVIADO ÀS EMPRESAS



### Avaliação da gestão de resíduos industriais banais

Data de realização do inquérito: \_\_\_\_\_

Designação da indústria: _____
Actividade (CAE): _____
Endereço e contactos: _____ _____
Localização _____ _____
Associação de Municípios: _____
Dados relativos ao ano : _ _ _ _

Tabela 1 – Caracterização dos resíduos produzidos

Composição	Orgânicos	Papel/Cartão	Plástico <sup>(1)</sup>	Vidro	Metais		Madeira	Lamas (ETAR)	Outro: _____	Outro: _____
					Fe	NFe				
Quantidade/ano										

(1) Especificar a percentagem, sendo possível, de filme e plástico rígido

Tabela 2 – Caracterização do acondicionamento dos resíduos produzidos

Tipo de resíduo	Acondicionamento por contentor			Outro acondicionamento	Local	Destino	Custo anual €
	NÚMERO	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Tipo				
Orgânicos							
Papel/ cartão							
Plástico							
Vidro							
Metais							
Madeira							
Lamas (ETAR)							
Outro: _____							
Outro: _____							

Tabela 3 – Entidade responsável por cada tipo de serviço prestado e custo resultante de cada serviço prestado, relativamente aos resíduos enviados para aterro

Tipo de serviço prestado	Frequência	Entidade responsável	NÚMERO de trabalhadores	Custo anual €	
				Custos parcelares	Custos globais
Remoção					
Transporte					
Eliminação			(Dados a fornecer pelo sistema: AMARTEJO; RESITEJO ou RESIURB)		

Tabela 4 – Recolha selectiva

Recolha selectiva para reciclagem e reutilização	Transportador	Destinatário	Quantidade (ton/ano)	Custos/ton	
				Serviço	Venda
Orgânicos					
Cartão e papel					
Vidro					
Plástico					
Metais					
Outro: _____					
Outro: _____					

Tabela 5 – Caracterização do serviço de transporte (desde a unidade industrial até ao local de eliminação)

Média mensal de giros ou número anual de giros	Distância (km)	Custo anual €		
		Diesel - 1	Pessoal (motorista e servente) - 2	Viatura (seguros, manutenção,...)- 3
		Valor global (1+2+3):		

## Avaliação da gestão de resíduos industriais banais

### Forma de Preenchimento

Por favor, leia atentamente as seguintes instruções, antes de iniciar o preenchimento do inquérito. Note que devem ser respeitadas as unidades indicadas, salvo as excepções explicitadas.

---

*Tabela 1 – Caracterização dos resíduos produzidos*

---

Orgânicos – Resíduos susceptíveis de serem decompostos por organismos vivos em compostos inorgânicos, também designados por compostáveis ou biodegradáveis.

Metais – Caso seja possível, deverá distinguir-se os metais ferrosos dos não ferrosos.

Quantidade/ano – Deverão indicar-se as unidades de resíduos produzidas por ano, isto é, kg/ano ou ton/ano.

---

*Tabela 2 – Caracterização do acondicionamento dos resíduos produzidos*

---

Acondicionamento – Forma como os resíduos são armazenados na origem. Neste caso considera-se o acondicionamento em contentor.

Capacidade – A capacidade do contentor pode ser expressa, igualmente, em litros.

Tipo – Deverão ser considerados contentores abertos, ou fechados, com ou sem compactação, entre outros.

Outro acondicionamento – Reporta-se aos big-bags, fardos ou até mesmo ao acondicionamento a granel.

Local – Local onde os resíduos são acondicionados.

Custo anual – Custo anual do acondicionamento. Envolve o custo de mão de obra, consumíveis, manutenção, entre outros.

---

*Tabela 3 – Entidade responsável por cada tipo de serviço prestado e custo resultante de cada serviço prestado*

---

Remoção - Operação de recolha dos resíduos com vista ao seu transporte.

Eliminação – Considera-se a operação de deposição dos resíduos em aterro.

Frequência – Número de vezes que é realizada a operação por mês.

Entidade Responsável – Entidade responsável pela execução de cada uma das operações citadas.

Custo Parcelar – Custo individual de cada operação de gestão de Resíduos Industriais Banais. Caso não se conheçam os custos parcelares, deverão ser preenchidos os custos globais

Custo Anual – O custo anual deverá incluir o custo de mão de obra, consumíveis, manutenções, reparações, entre outros.

---

*Tabela 4 – Recolha selectiva*

---

Transportador – Deverá indicar-se a entidade responsável pelo transporte dos resíduos. Considera-se transporte a operação de transferir os resíduos de um local para outro.

Destinatário – Deverá indicar-se a entidade para onde os resíduos são transportados, isto é, receptora dos mesmos.

No âmbito da recolha selectiva, se os custos por tonelada não forem conhecidos, deverão indicar-se outras unidades de custo. O Custo do Serviço é o custo da operação de recolha e transporte com cobertura pelo próprio, isto é, quanto custa à empresa recolher e transportar o vidro até ao receptor. O Preço de Venda corresponde ao preço de venda do reciclável a terceiros.

---

*Tabela 5 – Caracterização do serviço de transporte*

---

No âmbito da caracterização do serviço de transporte, deverá indicar-se a distância, em quilómetros, entre o local de deposição de resíduos e de eliminação, isto é, distância entre a unidade industrial e o aterro. Se os custos referentes ao diesel, pessoal e viatura não forem conhecidos, deverá indicar-se o valor global.

## ANEXO E – EMISSÕES GASOSAS E EFLUENTES RESULTANTES DOS VÁRIOS CENÁRIOS

**Tabela 3 – Emissões gasosas resultantes do cenário Aterro**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
Partículas	20 339	54 056	74 395
CO	270 725	655 284	926 009
CO <sub>2</sub>	49 335 216	1 035 135 230	1 084 470 446
CH <sub>4</sub>	60 054	82 370 853	82 430 907
NO <sub>x</sub>	887 759	1 203 559	2 091 318
GWP	50 596 725	2 765 034 954	2 815 631 679
N <sub>2</sub> O	1	361	362
SO <sub>x</sub>	74 346	288 496	362 843
HCl	101	22 263	22 364
HF	0	3 138	3 138
H <sub>2</sub> S	0	41 989	41 989
HC - Total	0	441 934	441 934
HC clorados	0	11 213	11 213
Dioxinas/furanos	0	0	0
Amônia	0	83	83
Arsênio	0	0	0
Cádmio	0	2	2
Crômio	0	0	0
Cobre	0	0	0
Chumbo	0	11	11
Manganês	0	4	4
Merúrio	0	1	1
Níquel	0	72	72
Zinco	0	26	26

**Tabela 4 – Emissões gasosas resultantes do cenário Triagem**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
Partículas	20 376	111	47 822	68 309
CO	271 219	90	583 644	854 953
CO <sub>2</sub>	49 425 156	111 118	928 040 981	977 577 255
CH <sub>4</sub>	60 164	282	73 939 239	73 999 685
NO <sub>x</sub>	889 377	467	1 064 782	1 954 626
GWP	50 688 965	117 471	2 480 863 867	2 531 670 303
N <sub>2</sub> O	1	1	319	321
SO <sub>x</sub>	74 482	745	255 236	330 465
HCl	101	15	19 931	20 047
HF	0	2	2 811	2 813
H <sub>2</sub> S	0	0	37 692	37 692
HC - Total	0	0	396 707	396 707
HC clorados	0	0	10 065	10 065
Dioxinas/furanos	0	0	0	0
Amónia	0	0	73	73
Arsénio	0	0	0	0
Cádmio	0	0	2	2
Crómio	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0
Chumbo	0	0	10	10
Manganês	0	0	3	3
Mercúrio	0	0	0	0
Níquel	0	0	63	63
Zinco	0	0	23	23

**Tabela 5 – Emissões gasosas resultantes do cenário Digestão Anaeróbia**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Tratamento biológico</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
Partículas	20 439	111	-156 528	36 954	-99 124
CO	272 054	90	-27 725	277 471	521 890
CO <sub>2</sub>	49 577 369	111 118	-145 543 655	174 896 441	79 041 273
CH <sub>4</sub>	60 349	282	-394 794	9 995 773	9 661 610
NO <sub>x</sub>	892 116	467	-344 557	821 813	1 369 839
GWP	50 845 070	117 471	-154 478 130	384 886 128	281 370 539
N <sub>2</sub> O	1	1	-2 077	253	-1 822
SO <sub>x</sub>	74 711	745	-1 072 201	196 758	-799 987
HCl	101	15	-20 318	5 000	-15 202
HF	0	2	-2 359	615	-1 922
H <sub>2</sub> S	0	0	61	5 053	5 114
HC - Total	0	0	4	53 183	53 187
HC clorados	0	0	1	1 349	1 350
Dioxinas/furanos	0	0	0	0	0
Amónia	0	0	-477	58	-419
Arsénio	0	0	0	0	0
Cádmio	0	0	-5	1	-4
Crómio	0	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0	0
Chumbo	0	0	-57	7	-50
Manganês	0	0	-21	3	-18
Mercúrio	0	0	-3	0	-3
Níquel	0	0	-414	50	-364
Zinco	0	0	-57	9	-48

**Tabela 6 – Emissões gasosas resultantes do cenário Compostagem**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Tratamento biológico</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
Partículas	20 439	111	49 967	36 954	107 471
CO	272 054	90	8 996	277 471	558 611
CO <sub>2</sub>	49 577 369	111 118	46 562 671	174 896 441	271 147 599
CH <sub>4</sub>	60 349	282	126 031	9 995 773	10 182 435
NO <sub>x</sub>	892 116	467	111 043	821 813	1 825 439
GWP	50 845 070	117 471	49 414 789	384 886 128	485 263 458
N <sub>2</sub> O	1	1	663	253	918
SO <sub>x</sub>	74 711	745	343 716	196 758	615 930
HCl	101	15	7 137	5 000	12 253
HF	0	2	754	615	1 371
H <sub>2</sub> S	0	0	0	5 053	5 053
HC - Total	0	0	0	53 183	53 183
HC clorados	0	0	0	1 349	1 349
Dioxinas/furanos	0	0	0	0	0
Amônia	0	0	152	58	210
Arsênio	0	0	0	0	0
Cádmio	0	0	2	1	3
Crômio	0	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0	0
Chumbo	0	0	18	7	25
Manganês	0	0	7	3	10
Mercurio	0	0	1	0	1
Níquel	0	0	132	50	182
Zinco	0	0	18	9	27



**Tabela 7 – Efluentes resultantes do cenário Aterro**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
CBO	0	218 758	218 758
CQO	2	218 959	218 961
Sólidos Suspensos	42 876	65 651	108 527
TOC	7	2 252	2 259
AOX	0	589	589
HC Clorados	0	303	303
Dioxinas/furanos	0	0	0
Fenóis	0	141	141
Alumínio	2	11 971	11 973
Amônia	198	6 641	6 839
Arsênio	0	28	28
Bário	2	1 475	1 477
Cádmio	0	5	5
Cloretos	401 278	701 322	1 102 600
Crômio	0	139	139
Cobre	0	76	76
Cianetos	0	1	1
Fluoretos	0	115	115
Ferro	422	32 828	33 250
Chumbo	0	79	79
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	111	111
Nitratos	0	423	423
Fosfatos	0	720	720
Sulfatos	14 155	77 700	91 855
Sulfuretos	0	6	6
Zinco	0	322	322

**Tabela 8 – Efluentes resultantes do cenário Triagem**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
CBO	0	0	196 371	196 371
CQO	2	1	196 549	196 552
Sólidos Suspensos	42 954	58	58 052	101 064
TOC	7	6	1 991	2 004
AOX	0	0	520	520
HC Clorados	0	0	268	268
Dioxinas/furanos	0	0	0	0
Fenóis	0	0	125	125
Alumínio	2	47	10 586	10 635
Amônia	198	1	5 872	6 071
Arsênio	0	0	25	25
Bário	2	6	1 305	1 313
Cádmio	0	0	4	4
Cloretos	402 010	825	620 152	1 022 987
Crômio	0	0	123	123
Cobre	0	0	67	67
Cianetos	0	0	1	1
Fluoretos	0	0	101	101
Ferro	423	17	29 029	29 469
Chumbo	0	0	70	70
Mercúrio	0	0	0	0
Níquel	0	0	98	98
Nitratos	0	2	374	376
Fosfatos	0	3	636	639
Sulfatos	14 180	238	68 707	83 125
Sulfuretos	0	0	6	6
Zinco	0	0	285	285

**Tabela 9 – Efluentes resultantes do cenário Digestão Anaeróbia**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Tratamento biológico</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
CBO	0	0	35 268	26 332	61 600
CQO	2	1	134 526	26 473	161 002
Sólidos Suspensos	43 087	58	-69 374	46 060	19 831
TOC	7	6	-9 570	1 580	-7 977
AOX	0	0	-4	413	409
HC Clorados	0	0	-1	213	212
Dioxinas/furanos	0	0	0	0	0
Fenóis	0	0	-172	99	-73
Alumínio	2	47	-69 200	8 399	-60 752
Amônia	199	1	52 637	4 659	57 496
Arsênio	0	0	-141	20	-121
Bário	2	6	-8 517	1 035	-7 474
Cádmio	0	0	-5	3	-2
Cloretos	403 248	825	-1 067 326	492 042	-171 211
Crômio	0	0	-703	98	-605
Cobre	0	0	-349	53	-296
Cianetos	0	0	-5	1	-4
Fluoretos	0	0	0	80	80
Ferro	424	17	-25 329	23 032	-1 856
Chumbo	0	0	-352	56	-296
Mercúrio	0	0	0	0	0
Níquel	0	0	-353	78	-275
Nitratos	0	2	-2 441	297	-2 142
Fosfatos	0	3	-4 160	505	-3 652
Sulfatos	14 224	238	-347 381	54 514	-278 405
Sulfuretos	0	0	-37	4	-33
Zinco	0	0	-707	226	-481

**Tabela 10 – Efluentes resultantes do cenário Compostagem**

<b>Parâmetros (g)</b>	<b>Recolha</b>	<b>Separação</b>	<b>Tratamento biológico</b>	<b>Aterro</b>	<b>Total</b>
CBO	0	0	150 631	26 332	176 963
CQO	2	1	255 124	26 473	281 600
Sólidos Suspensos	43 087	58	22 164	46 060	111 369
TOC	7	6	3 054	1 580	4 647
AOX	0	0	1	413	414
HC Clorados	0	0	0	213	213
Dioxinas/furanos	0	0	0	0	0
Fenóis	0	0	55	99	154
Alumínio	2	47	22 085	8 399	30 533
Amônia	199	1	26 442	4 659	31 301
Arsênio	0	0	45	20	65
Bário	2	6	2 718	1 035	3 761
Cádmio	0	0	2	3	5
Cloretos	403 248	825	340 855	492 042	1 236 970
Crômio	0	0	224	98	322
Cobre	0	0	111	53	164
Cianetos	0	0	2	1	3
Fluoretos	0	0	0	80	80
Ferro	424	17	8 084	23 032	31 557
Chumbo	0	0	112	56	168
Mercúrio	0	0	0	0	0
Níquel	0	0	113	78	191
Nitratos	0	2	779	297	1 078
Fosfatos	0	3	1 328	505	1 836
Sulfatos	14 224	238	110 874	54 514	179 850
Sulfuretos	0	0	12	4	16
Zinco	0	0	226	226	452